Acerca de este libro

Esta es una copia digital de un libro que, durante generaciones, se ha conservado en las estanterías de una biblioteca, hasta que Google ha decidido escanearlo como parte de un proyecto que pretende que sea posible descubrir en línea libros de todo el mundo.

Ha sobrevivido tantos años como para que los derechos de autor hayan expirado y el libro pase a ser de dominio público. El que un libro sea de dominio público significa que nunca ha estado protegido por derechos de autor, o bien que el período legal de estos derechos ya ha expirado. Es posible que una misma obra sea de dominio público en unos países y, sin embargo, no lo sea en otros. Los libros de dominio público son nuestras puertas hacia el pasado, suponen un patrimonio histórico, cultural y de conocimientos que, a menudo, resulta difícil de descubrir.

Todas las anotaciones, marcas y otras señales en los márgenes que estén presentes en el volumen original aparecerán también en este archivo como testimonio del largo viaje que el libro ha recorrido desde el editor hasta la biblioteca y, finalmente, hasta usted.

Normas de uso

Google se enorgullece de poder colaborar con distintas bibliotecas para digitalizar los materiales de dominio público a fin de hacerlos accesibles a todo el mundo. Los libros de dominio público son patrimonio de todos, nosotros somos sus humildes guardianes. No obstante, se trata de un trabajo caro. Por este motivo, y para poder ofrecer este recurso, hemos tomado medidas para evitar que se produzca un abuso por parte de terceros con fines comerciales, y hemos incluido restricciones técnicas sobre las solicitudes automatizadas.

Asimismo, le pedimos que:

+ *Haga un uso exclusivamente no comercial de estos archivos* Hemos diseñado la Búsqueda de libros de Google para el uso de particulares; como tal, le pedimos que utilice estos archivos con fines personales, y no comerciales.

+ *No envíe solicitudes automatizadas* Por favor, no envíe solicitudes automatizadas de ningún tipo al sistema de Google. Si está llevando a cabo una investigación sobre traducción automática, reconocimiento óptico de caracteres u otros campos para los que resulte útil disfrutar de acceso a una gran cantidad de texto, por favor, envíenos un mensaje. Fomentamos el uso de materiales de dominio público con estos propósitos y seguro que podremos ayudarle.

+ *Conserve la atribución* La filigrana de Google que verá en todos los archivos es fundamental para informar a los usuarios sobre este proyecto y ayudarles a encontrar materiales adicionales en la Búsqueda de libros de Google. Por favor, no la elimine.

+ *Manténgase siempre dentro de la legalidad* Sea cual sea el uso que haga de estos materiales, recuerde que es responsable de asegurarse de que todo lo que hace es legal. No dé por sentado que, por el hecho de que una obra se considere de dominio público para los usuarios de los Estados Unidos, lo será también para los usuarios de otros países. La legislación sobre derechos de autor varía de un país a otro, y no podemos facilitar información sobre si está permitido un uso específico de algún libro. Por favor, no suponga que la aparición de un libro en nuestro programa significa que se puede utilizar de igual manera en todo el mundo. La responsabilidad ante la infracción de los derechos de autor puede ser muy grave.

Acerca de la Búsqueda de libros de Google

El objetivo de Google consiste en organizar información procedente de todo el mundo y hacerla accesible y útil de forma universal. El programa de Búsqueda de libros de Google ayuda a los lectores a descubrir los libros de todo el mundo a la vez que ayuda a autores y editores a llegar a nuevas audiencias. Podrá realizar búsquedas en el texto completo de este libro en la web, en la página `http://books.google.com`

TRATADO

DE COSMOGRAFÍA,

PARA LA INSTRUCCION

DE

LOS GUARDIAS MARINAS.

POR

DON GABRIEL CISCAR.

EN CARTAGENA.

En la Oficina de Marina de este Departamento.

Año de 1796.

Digitized by Google

Advertencia al Enquadernador.

Todos los pliegos de este Tratado llevan una estrellita en la signatura, para que no se confundan con los de la Trigonometría esférica.

Al fin se colocarán las quatro Estampas que tienen el título de Cosmografía, dobladas de suerte que se puedan sacar sin que las figuras queden cubiertas con las ojas.

Digitized by Google

PRÓLOGO.

Se suele dar el nombre de Cosmografía á una exposicion, mas ó ménos extensa, de los principios de la Astronomía y Geografía. En este Tratado nos hemos propuesto comprehender los conocimientos de dichas ciencias mas interesantes para la Navegacion, que es el obgeto principal de los estudios elementales de la Académia.

Las materias que se tratan en la Cosmografía están tan enlazadas entre sí que no se pueden entender las primeras sin tener una idea (aunque sea confusa) de las últimas, que por otro lado tienen de las primeras una dependencia necesaria. Esto nos ha obligado á tocar muchas veces por encima ó apuntar algunas materias que se tratan con extension en adelante. Tambien hemos repetido con estudio, y presentado baxo diferentes puntos de vista, aquellas ideas que conviene que se fixen en la memoria: y para mayor facilidad hemos resumido lo mas interesante de quanto conduce al conocimiento de las posiciones relativas de los astros y de los lugares de la Tierra desde el artículo 340 al 430. Del 430 al 477 tratamos de la diferencia que hay entre las posiciones de los cuerpos celestes referidos al centro de la Tierra y las observadas en su superficie. Del 477 al 523 explicamos el manejo de las tablas mas precisas para los usos ordinarios de la Navegacion; y finalmente, desde el artículo 523 hasta el fin aplicamos los conocimientos adquiridos en los anteriores á la solucion de ocho problemas generales, que comprehenden lo mas interesante de la Astronomía Náutica.

Por esta razon, conviene que despues de haber tomado una idea de lo que va de letra mayor en los Capítulos primeros, se den muchos repasos á los quatro últimos, que contienen todos aquellos conocimientos con que es menester familiarizarse mucho.

De los principios establecidos en la Cosmografía se

Digitized by Google

deducen un sin número de conseqüencias interesantes, en cuya aplicacion caben tantas modificaciones que es casi imposible hacer un buen uso de ellas sino se comprehenden á fondo. Para esto no bastan las figuras trazadas sobre la pizarra ó el papel, y es menester recurrir materialmente á los mismos cuerpos cuyos movimientos verdaderos ó aparentes se trata de explicar. Es menester contemplar con atencion hácia que lado sale el Sol, hácia que lado cae al mediodia, y al tiempo de ponerse: reflexionando como pueden provenir estos fenómenos del movimiento giratorio de la Tierra. Conviene adelantarse á deducir las variaciones que experimentariamos en esto si caminasemos en la direccion en que vemos al Sol á mediodia ó segun la direccion opuesta, &c. Se dirigirá la vista á la Polar á varias horas de la noche; se notará su posicion sensiblemente constante; y se procurará formar idea de la verdadera causa del movimiento aparente de toda la máquina celeste al rededor de dicha Estrella inmóbil.

La comparacion de la Luna con el Sol ó con las Estrellas fixas, durante algunos dias consecutivos, debe convencernos de la exâctitud con que se da razon de sus fases en los artículos que siguen al 266.

Para hacerse cargo de todo lo relativo al horizonte de la mar, conviene dirigir la vista hácia el último punto visible de su superficie desde un parage elevado. Notar porque puntos de los objetos intermedios pasa la visual que lo determina, y convencerse prácticamente de la parte de los objetos colocados mas allá del punto de contacto que nos cubre la convexîdad de la mar: ya sea observando con atencion las embarcaciones que se acercan ó alejan de nosotros, ya mirando desde diferentes alturas un objeto inmóbil. De aquí se puede pasar á deducir que las cabezas de los que están en pie en la Tierra ó el Navío que vemos muy distante, no se dirigen hácia el mismo punto del Cielo que las nuestras; y que la diferencia que en esto hay debe ir aumentando por grados insensibles, hasta llegar á los antípodas, cuya posicion es inversa de la nuestra. El que se haya hecho cargo de esto, ninguna dificultad tendrá en concibir como puede suceder que un habitante del equador sea (digamoslo así) antípoda de sí

Digitized by Google

mismo cada doce horas por el movimiento giratorio de la Tierra.

No podemos ménos de encargar con particularidad á los Maestros que hagan un estudio especial de no explicar cosa alguna fundándose en la suposicion de que la Esfera celeste es la que se mueve. Esta explicacion de los fenómenos, tan conforme á la ilusion de los sentidos como contraria á la realidad, suele satisfacer mas á un principiante, incapaz de hacerse cargo de las razones sólidas que la combaten: y por consiguiente solo servirá para radicarle mas en la preocupacion en que ha estado siempre, y dificultarle el conocimiento exâcto de la Cosmografía. Nada hay mas perjudicial para los adelantamientos en la carrera de las ciencias que el llenar inútilmente el entendimiento de ideas falsas, que cuesta muchísimo trabajo el destruir. Prescíndase enhorabuena de tales y tales cosas en las primeras explicaciones, para seguir el camino natural, que es el de proceder de lo sencillo á lo complicado: pero adviértase de ello á los principiantes, que de esta suerte no extrañarán el ver que las cosas suceden de otro modo en ciertas circunstancias, en que las causas de que se ha prescindido tienen mucho influxo.

Digitized by Google

Digitized by Google

INDICE.

Páginas.

Nociones generales. . . . . 1.
Del Sistema del Mundo. . . . . 7.
Del modo de determinar la posicion de los cuerpos celestes. . . . . 13.
De la Tierra. . . . . 19.
De los fenómenos que resultan del movimiento giratorio de la Tierra. . . . . 30.
De las Estaciones y Zonas. . . . . 43.
De la medida del tiempo. . . . . 53.
De la Luna. . . . . 61.
De la Cronología. . . . . 69.
Resúmen de lo relativo á los puntos líneas y planos que se consideran en las esferas celeste y terrestre. . 77.
De las correcciones que deben hacerse á las alturas observadas de los astros. . . . . 94.
De las tablas astronómicas. . . . . 108.
De la resolucion de algunos problemas. . . . . 126.
Problema I.° Conociendo tres de estas cinco cosas, la oblicuidad de la eclíptica, longitud, latitud, ascension recta, y declinacion de un astro, hallar las dos restantes. . . . . 126.
Problema II.° Conocidas dos de estas tres cosas, la latitud de un lugar, la altura meridiana de un astro y su declinacion, hallar la tercera. . . . 130.
Problema III.° Dada la hora aparente de un meridiano, y su diferencia de longitud con el de las tablas, hallar el horario de un astro . . . . . 133.
Problema IV.° Conocida, al poco mas ó ménos, la longitud de un lugar y el horario de un astro, hallar la hora de tiempo aparente que es en el meridiano de dicho lugar. . . . . 136.
Problema V.° Conocidas tres de estas cinco cosas, la latitud del lugar, el horario de un astro, su declinacion, altura verdadera y azimut, hallar las dos restantes. . . . . 141.
Problema VI.° Hallar la distancia aparente de los limbos de dos astros á una hora determinada de un

Digitized by Google

lugar cuya longitud y latitud se conocen. . . 151.
Problema VII.° Conocidas las alturas aparentes, y distancia de los limbos de dos astros, calcular la distancia verdadera de sus centros. . . . . 152.
Problema VIII.° Conociendo dos alturas de un mismo astro, el tiempo que ha mediado entre la primera y la segunda, y su declinacion, hallar la latitud del lugar. . . . . 152.
Suplemento á algunos artículos de la Cosmografía. .154.
Suplemento sobre los astros en general. . . . . .156.
Suplemento sobre las Láminas. . . . . .158.

Digitized by Google

NOCIONES GENERALES.

1. Si habiendo sugetado los extremos de un hilo en los puntos *s* y *z* (*fig.* 1.ª) de suerte que quede floxo, se hecha el hilo hácia arriba y se pone tirante por medio de un lapiz *t*, haciendo correr el lapiz hácia derecha é izquierda de suerte que el hilo se mantenga siempre tirante, dicho lapiz describirá la curva *atp*: y practicando lo mismo por la parte inferior, resultará otra porcion de curva *axp* enteramente igual á la primera.

A la curva expresada se da el nombre de *elipse*, y sus mitades se llaman *semielipses*.

1.° Hay otros modos de describir la elipse, cuyas propiedades son muy interesantes para la Astronomía. La deduccion de dichas propiedades avultaria mucho este tratado, y para el objeto que nos hemos propuesto bastará tener presente lo que sigue.

2.° Los puntos *s* y *z*, en que se sugeta el hilo, se llaman *focus* de la elipse.

3.° La recta *pa*, que pasa por los focus y se termina en la periféria de la elipse, se llama su *exe mayor*. En la Astronomía se suele dar al exe mayor el nombre de *línea de los ápsides*.

4.° Los puntos *a* y *p* en que el exe mayor se termina, se llaman los *vértices* de la elipse.

5.° El punto *c* del exe, equidistante de *a* y *p*, se llama *centro* de la elipse.

6.° La distancia del centro *c* á qualquiera de los focus *cs*, *cz* (que son iguales) se llama *excentricidad*.

7.° La línea *tcx*, que pasando por el centro de la elipse es perpendicular al exe mayor, se llama *exe menor*.

8.° Si en el focus *s* hay un cuerpo, al rededor del qual gira otro describiendo la elipse, las líneas *sa*, *se*, *sq*, &c.

Digitized by Google

tiradas desde el focus al punto de la elipse en que se halla el cuerpo, se llaman *radios vectores*.

9.° El vértice *a*, mas distante del cuerpo *s*, se llama *ápside superior*; y el mas inmediato *p*, se llama *ápside inferior*.

10.° Es evidente, que al paso que sea menor la excentricidad *cs*, será menor la diferencia entre los radios vectores, de suerte que si los focus *s* y *z* se unen en *c*, será cero la excentricidad, y la elipse se convertirá en un círculo perfecto, cuyos radios vectores son los radios.

11.° Describiendo arcos con los radios vectores *sm*, *sx*, &c. se ve que mientras que el cuerpo que describe la elipse camina del ápside inferior al superior, aumentan las distancias á *s*; y dichas distancias ó radios vectores disminuyen, mientras camina el cuerpo del ápside superior *a* al inferior *p*. La distancia *sa* es la mayor, y *sp* la menor de todas.

12.° Si el cuerpo camina de *p* á *m* en un minuto, y de *e* á *a* en otro minuto, las áreas *psm*, *esa* de los sectores elípticos deben ser iguales; y lo mismo sucede en todas las demas partes de la elipse; de suerte que si el cuerpo gasta otro minuto en trasladarse de *x* á *q*, tambien será el sector *xsq* igual á los anteriores. En la Mecánica se demuestra que esto debe ser así (véase el Exámen Marítimo Adicionado, adiciones al Cap. II.° *art.* 122). A Keplero se debe el descubrimiento de esta ley, que demostró Newton.

13.° Esta propiedad general de los cuerpos que giran al rededor de otros, al modo de los astros, se enuncia diciendo que el radio vector describe áreas iguales en tiempos iguales.

14.° Por movimiento angular se entiende la alteracion del ángulo que el radio vector forma con la línea de los ápsides: ó lo que es lo mismo, el movimiento del cuerpo referido desde *s* á la circunferencia de un círculo cuyo centro está en dicho focus.

V. g. Si el ángulo *esa* vale 1°, y el cuerpo ha empleado una hora en pasar de *e* á *a*, se dice que el movimiento angular del cuerpo es de 1° en una hora.

15.° De la propiedad enunciada (*num.* 13.°) se sigue que el movimiento angular será el mayor en las inmediaciones del ápside inferior *p*, y el menor en las cercanías del ápside superior *a*.

Mientras el cuerpo describe la semielipse *pxa* el movimiento angular va disminuyendo, y va aumentando mientras describe la otra semielipse *atp*.

16.° Por distancia media se entiende la que es un medio aritmético entre la menor *sp*, y la mayor *sa*: esto es, una distancia igual á *ca* (*Arit.* 313 *núm.* 4.°).

17.° Por movimiento medio se entiende el movimiento angular que tendria el cuerpo si dicho movimiento fuese uni-

Digitized by Google

forme. Por esta razon, partiendo 360° por el tiempo que emplea el cuerpo en describir toda la elipse, resultará por quociente el movimiento medio. Si el divisor ha sido el número de dias, el quociente manifestará el movimiento medio correspondiente á cada dia &c.

18.° Cerca del ápside superior será el movimiento verdadero menor que el medio, y será mayor en las inmediaciones del ápside inferior.

19.° Si desde el focus *s* se imagina descrito un círculo, el arco de este, contado desde el ápside superior hasta la línea que va de *s* al cuerpo movible, llaman los Astrónomos *anomália*, *verdadera* ó *media*, segun se imagina tirada la línea al punto en que está realmente el cuerpo, ó á aquel en que se hallaria si su movimiento angular fuese el medio.

20.° A la diferencia entre la anomália verdadera y media llaman los Astrónomos *equacion de la órbita.* La equacion de la órbita sirve para reducir el lugar medio del cuerpo al lugar verdadero, sumando ó restando del lugar medio la equacion correspondiente.

21.° En los dos ápsides coinciden los lugares medio y verdadero, y así la equacion en dichos puntos es cero.

2. Para la perfecta inteligencia de la Cosmografía conviene imponerse en los principios de óptica siguientes.

1.° Todo objeto se ve en la direccion opuesta á la que sigue el rayo de luz al entrar en el ojo del observador. Para convencerse prácticamente de esto, basta observar lo que sucede quando se ve un objeto en un espejo.

2.° De esto y lo establecido (*Esf.* 86) se sigue que quando el rayo de luz describa una curva, el objeto se verá en la direccion de la tangente á la extremidad de la curva que corresponde al ojo del observador.

3. Esto supuesto (*fig.* 2.ª), *npcm* representa la seccion vertical de una vasija, en la qual llega el agua á la línea *buf*. Se supone que en el fondo hay un cuerpo qualquiera v. g. un real de vellon cuyo centro es *a*. El rayo de luz *au*, en vez de seguir la direccion *aur*, al pasar del agua al ayre se dobla segun la *uo*, y por consiguiente el ojo del observador *o*, verá en *e* segun la direccion *oue* el objeto *a*, que á no haber agua se veria segun la recta *oa*.

1.° *bf* se llama la *superficie refringente.*

2.° El ángulo *auk*, que forma la perpendicular á la superficie refringente con el rayo directo que sale del objeto, se llama *ángulo de incidencia.*

3.° El ángulo *duo*, que forma la misma perpendicular *du* con el rayo doblado, se llama *ángulo de refraccion.*

4.° El ángulo *ruo*, que forma el rayo doblado con la prolongacion del directo, se llama simplemente *la refraccion* ó *el ángulo de la refraccion*: y es le diferencia entre el lugar verdadero y aparente.

5.° En vez de dichos ángulos se pueden tomar sus opuestos al

Digitized by Google

vértice : esto es, que se puede decir que *dur* es el ángulo de incidencia. Será pues *ruo* = *duo* — *dur*. Esto es, la refraccion es igual á la diferencia que hay entre los ángulos de incidencia y refraccion.

4. Al pasar el rayo de luz de un cuerpo mas denso á otro mas raro, se dobla alejándose de la perpendicular á la superficie refringente; y al pasar de un cuerpo mas raro á otro mas denso, se dobla acercándose á la perpendicular; de suerte que un rayo que caminase segun la *ou*, al pasar del ayre al agua se doblaria segun la *ua*, y un observador colocado en *a* veria en *r* el objeto que está realmente en *o*. Esta regla tiene algunas excepciones.

5. Los senos de los ángulos *dur*, *duo* de incidencia y refraccion (en unos mismos cuerpos refringentes) están entre sí en una razon constante.

6. La diferencia de dos cantidades que están en una razon constante aumenta al paso que aumenta el antecedente, y así quanto mayor sea el seno de incidencia, tanto mayor será la diferencia con el seno de refraccion. A mas de esto, quando los arcos se acercan á los 90°, á una corta diferencia en los senos corresponde en los ángulos otra de consideracion (*Esf* 213). Luego al paso que se vaya acercando á los 90° el ángulo de incidencia, aumentará mas y mas su diferencia con el de refraccion.

7. Esto es lo mismo que decir, que si el ángulo de incidencia dista poco de los 90°, la refraccion será considerable, aunque sea muy pequeña la diferencia de densidades de los ouerpos que la producen.

8. Si (*fig.* 3.ª) se supone que la primera capa *tbfx* es de cristal, la segunda *ptxs* de agua, y la tercera *upsq* de otro flúido mas raro, el rayo de luz que sale de *k* segun la direccion *kam* se doblará en *a* segun la *acl*, en *c* segun la *cnd*, y finalmente en *n* segun la *no*: de suerte que el observador *o* verá el objeto *k* en la direccion opuesta *one*.

9. Por igual razon, el rayo de luz que cayese sobre la superficie *unq* segun la direccion *on*, describiria la linea angulosa *oncak*, y el ojo del observador en *k* varía el objeto *o* en la direccion opuesta *kam*.

10. Si las capas son muy delgadas y las diferencias de densidad pequeñas, tanto las líneas *ka*, *ac*, *cn*. como las refracciones en *a*, *c*, *n*, serán muy pequeñas, y la línea angulosa degenerará en curva, á la qual serán tangentes las *one*, *kam*, (*Esf.* 86). Si el cuerpo transparente es de la clase de aquellos que se comprimen con facilidad, las capas inferiores serán mas densas por la opresion que resulta del peso de las superiores, lo mismo que sucede en una pila de sacos de algodon, pluma, &c. y por consiguiente el rayo de luz que atraviese un cuerpo de esta clase describirá una línea curva; y el observador colocado en qualquier punto verá el objeto en la direccion de la tangente á la curva en dicho punto (*Art. 2 num.* 2°).

11. Si (*fig.* 4.ª) las líneas tiradas del punto *a* á los puntos *o* y *s* forman el ángulo *oas*, y dicho ángulo va aumentando, este aumento puede provenir de haberse traslada-

Digitized by Google

do el punto *o* á *o'*, quedando fixos *s* y *a*; de haberse trasladado el objeto *s* á *s'*, quedando *o* y *a* fixos; de haberse trasladado *a* á *a''* y *s* á *s''*, quedando fixo *o*; &c. En general, dicho aumento de ángulo puede dimanar del movimiento de uno de los tres puntos, del movimiento de dos qualesquiera de ellos, ó del movimiento de todos tres. Luego deberémos suspender el juicio sobre la verdadera causa de las alteraciones de dicho ángulo, mientras no tengamos razones para decidir sobre el estado de los cuerpos expresados.

12. La recta tirada del ojo del observador á la cima de un monte, ó á otro qualquier punto de la tierra, vá formando diferentes ángulos con los cuerpos celestes, y sabemos que el monte no varía de situacion respecto del observador y de los demas puntos de la Tierra. Deberémos pues dudar si dicho fenómeno dimana de un movimiento verdadero del cuerpo celeste, ó de un movimiento que puede tener el observador juntamente con toda la masa de la Tierra.

13. Los movimientos que se observan en los cuerpos celestes, parecen mas regulares y sencillos suponiendo que es la Tierra la que se mueve.

Esta fue la única razon que tuvo Copérnico para preferir dicha suposicion (que ya habian hecho algunos de los antiguos) á todas las demas. Al paso que se ha adelantado mas en la Astronomía se ha ido aumentando el número de razones físicas que prueban que la suposicion que prefirió Copérnico es la verdadera. No se puede formar juicio cabal del cúmulo de razones de todas clases que comprueban la verdad de la suposicion expresada, sin unos principios muy sólidos de Algebra y Mecánica. Esto nos obliga á limitarnos en este tratado á la simple exposicion de los fenómenos mas interesantes de la Astronomía.

14. Sean *S* y *c* (*fig.* 5.ª) los centros de dos cuerpos esféricos, y supóngase que el primero ilumina al segundo con su luz propia ó con la que reflexa de otro. Tírese la recta *Scv* por los centros de ambos cuerpos, y las *Se*, *Sm* tangentes al segundo en los puntos *e* y *m*; y prescíndase por ahora de la distancia del círculo máxîmo *zcl* á su paralelo *em*, que se determinará despues.

1.° El círculo *zcl*, cuyo exe es *Scv*, se llama *círculo de iluminacion*; *o* é *i* son sus polos; el emisferio en que se halla el polo *o* es el iluminado, y su opuesto es el emisferio obscuro.

2.° Los observadores colocados en el emisferio iluminado verán el punto *S*, y los colocados en el emisferio obscuro no lo verán.

Digitized by Google

Si en la superficie del cuerpo *c* suponemos colocado un observador, este al pasar del emisferio obscuro al iluminado descubrirá el punto *S* que no veia un instante ántes: y el observador que pase del emisferio iluminado al obscuro, perderá de vista el punto *S* de un instante á otro.

3.° El observador colocado en *o*, de suerte que sus pies se dirijan al centro *c*, verá el punto *S* sobre su cabeza, y no hará sombra: ó por mejor decir, la sombra de su cabeza caerá sobre sus mismos pies.

4.° Las sombras de los observadores colocados en los demas puntos caerán hácia la circunferencia del círculo de iluminacion; y los observadores verán el punto *S* hácia el lado opuesto: esto es hácia el polo *o*.

5.° Los observadores colocados en la misma circunferencia del círculo de iluminacion, con los pies hácia el centro, verán el punto *S* en la direccion perpendicular á su cuerpo; esto es, segun la perpendicular á la recta tirada al centro *c*.

6.° El arco *ox*, que saliendo del polo *o* es perpendicular al círculo máximo *dcx*, será la medida del ángulo *Scx* que forma el plano de dicho círculo máximo con el exe *Sc* del círculo de iluminacion.

15. Examinando la cosa en rigor, el círculo de iluminacion respecto á los rayos centrales *Se*, *Sm*, es el círculo menor *em*, Su distancia al maximo *ez* se determina con facilidad por el método siguiente.

Por ser *Sec* recto (*Geom.* 111) es *Sce* complemento de *eSc* (*Geom.* 135): pero *ecz* es tambien complemento de *Sce* (*Esf.* 19 y 14), luego *ecz* será igual á *eSc*: esto es, el arco *ez* igual al ángulo *eSc*. Este ángulo será insensible si la distancia *Sc* es como infinita respecto de *ce* (*Esf. art.* 15 *núm.* 8.°) y en tal caso será un círculo máximo el verdadero círculo de iluminacion.

16. Si el segundo cuerpo *c* es menor que el primero *S* (como se supone en la figura) este, con la luz que sale de sus extremidades *p* y *b* (que se llaman *limbos*) iluminará toda la porcion de esfera comprehendida entre el círculo menor *kt* y el polo *o* Se demuestra por el mismo estilo que ántes que *zk* es igual á *Svb*: y como *Svb* es igual á *Snb* − *nSc*, (*Geom.* 139) resultará por fin *zk*=*Snb* − *nSc*.

17. Los observadores colocados en la circunferencia del círculo menor *kt*, verán únicamente el limbo ó márgen del cuerpo *S*.

18. Es evidente que un observador elevado en *f* descubrirá el centro *S*, aunque sus pies correspondan al punto *k*, que se halla en el emisferio obscuro.

19. Si el cuerpo *c* se halla rodeado de un flúido refringente, en el qual está como sumergido el observador, los rayos de luz no ca-

Digitized by Google

minarán en línea recta, como se supone en la figura (*Art.* 3 á 10) y de esto resultará alguna alteracion en los fenómenos indicados.

Del Sistema del Mundo.

20. Por sistema del Mundo, se entiende la posicion respectiva de los cuerpos enormes aislados, á que damos el nombre general de Astros, y las alteraciones que en dicha posicion resultan de la combinacion de sus movimientos. Hace mas de un siglo que todos los grandes Matemáticos tienen por absurdas las hipótesis monstruosas de Tolomeo, Tico, &c. y unánimes convienen en que el verdadero sistema del Mundo es el siguiente.

21. El Sol ⊙ (*fig.* 6.ª) es un globo luminoso, cuyo radio contiene mas de 110 veces al radio de la tierra; y gira en unos 27 dias al rededor de su centro, que está fixo, prescindiendo de un movimiento poco sensible, comun con todos los cuerpos que lo rodean.

22. Las Estrellas fixas *, son otros tantos Soles, colocados á una distancia inmensa del nuestro hácia todos lados; y si tienen algun movimiento, es para nosotros insensible. La distancia de unas á otras, es regular sea tan grande ó mayor que la distancia del Sol á las ménos remotas.

23. Llamarémos en adelante esfera celeste, á la que se imagina descrita con un radio infinito desde el Sol ó desde qualquiera de los Planetas.

24. Los Planetas son unos cuerpos esféricos y opacos, que reflexan la luz del Sol. Describen unas elipses poco excéntricas en cuyo focus está dicho astro, y no se alejan á distancias que los hagan invisibles. A las curvas elípticas que describen los Planetas se da el nombre de órbitas planetarias. Los Planetas conocidos hasta ahora son siete.

1.° Mercurio ☿, cuyo radio es unos $\frac{2}{5}$ del radio de la Tierra, dista del Sol unos $\frac{2}{5}$ de la distancia de la Tierra al Sol, y da una vuelta al rededor de dicho astro en 88 dias.

2.° Venus ♀, cuyo radio es $\frac{1}{25}$ menor que el radio de la Tierra, dista del Sol $\frac{1}{3}$ ménos que la Tierra, y describe su órbita en 225 dias.

3.° La Tierra ♁, cuyo radio tiene unas 1150 leguas de 6650 varas de Burgos cada una, dista del Sol unos 23000

Digitized by Google

semidiámetros terrestres, y da una vuelta al rededor de dicho astro en 365 dias 6 horas y 9′, que es un poco mas de un año, como se enseñará mas adelante.

El plano de la órbita de la Tierra, prolongado hasta la esfera celeste, se llama *ecliptica*. En la figura se supone que la ecliptica es el plano de proyeccion.

4.° Marte ♂, cuyo radio es unos $\frac{3}{5}$ del radio de la Tierra, dista del Sol una vez y media mas que la Tierra, y describe su órbita en ménos de 687 dias.

5.° Jupiter ♃, cuyo radio es unas 11 veces mayor que el radio de la Tierra, dista del Sol cinco veces y un quinto mas que la Tierra, y emplea en describir su órbita cerca de 12 años.

6.° Saturno ♄, cuyo radio contiene unas diez veces al radio de la Tierra, dista del Sol unas 10 veces mas que la Tierra, y emplea en cada revolucion cerca de 30 años.

7.° Herschell, descubierto como Planeta en 1781, dista del Sol casi 20 veces mas que la Tierra, y emplea mas de 80 años en cada revolucion.

25. A mas de estos que se distinguen con el nombre de *Planetas primarios*, hay otros llamados *Planetas secundarios*, *Lunas*, ó *Satélites*, que acompañan á los Planetas primarios en sus revoluciones al rededor del Sol, describiendo continuamente unas elipses movibles poco excéntricas al rededor del Planeta primario á que pertenecen.

26. La Luna ☾, es el Satélite de la Tierra, al rededor de la qual hace una revolucion en 27 dias y medio. Su radio es unos $\frac{3}{11}$ del radio de la Tierra, y dista de ella unos 60 semidiámetros terrestres.

27. Júpiter tiene quatro Satélites, algunos de ellos casi tan grandes como la Tierra. El mas inmediato dista del Planeta unos seis semidiámetros de Júpiter y acaba su revolucion en cosa de 1 dia y 18 horas. El mas remoto dista unos 27 semidiámetros, y emplea en cada revolucion cerca de 17 dias.

28. Saturno está acompañado de cinco Satélites; y á mas tiene al rededor una corona enteramente separada de su cuerpo por todos lados. El radio interior de dicha corona es igual á 16 radios del Planeta, y el exterior á 22. Las órbitas de sus Satélites se hallan mas distantes.

29. Tambien pertenecen al sistema solar los *Cometas*. Estos son unos cuerpos opacos, que describen unas elipses

Digitized by Google

muy excéntricas, en cuyo focus está el Sol. Se alejan á distancias sumamente grandes, y por esta razon solo se descubren durante algun tiempo. En la figura se representa la órbita de un cometa *C*.

Se cree que los globos de los Cometas tienen al rededor una atmósfera vaporosa, como la de la Tierra en tiempo de niebla, y á la reflexîon de los rayos solares en dicha atmósfera se atribuyen las barbas ó cabelleras luminosas que los acompañan.

30. En la figura no se pueden representar las órbitas de los Planetas en la debida proporcion, por ser la de la Luna como un punto respecto á la de Herschell, y la de este Planeta como un punto, respecto á la gran distancia á que se hallan colocadas las Estrellas fixas.

31. A mas del movimiento de traslacion, con que los Planetas y Satélites describen las curvas expresadas, se ha observado en muchos de ellos otro movimiento, como el del Sol, al rededor de un exe que pasa por su centro y se mantiene paralelo á sí mismo (con cortísima diferencia) formando ángulos mas ó ménos oblicuos con los radios vectores de su órbita.

32. El círculo máxîmo del Planeta perpendicular á dicho exe de rotacion, se llama su *equador*. Por *exe de un Planeta* se entiende aquel al rededor del qual gira, y sus polos se llaman simplemente *polos del Planeta*.

33. Al movimiento expresado de los astros al rededor de su propio centro, se da el nombre de *movimiento giratorio*, ó *movimiento de rotacion*.

34. El movimiento giratorio del Sol se ha determinado observando las manchas que se descubren algunas veces en su superficie; y en los Planetas por medio de algunos puntos permanentes, mas ó ménos obscuros que el resto de su cuerpo.

35. No se ha podido observar la rotacion de Mercurio, por su mucha inmediacion al Sol, cuya brillantez lo ofusca.

36. En la rotacion de Venus convienen los Astrónomos. Pero como las manchas de este Planeta se distinguen con dificultad, por su mucho brillo, no concuerdan en el tiempo en que hace una revolucion.

37. La Tierra gira en un dia sidéreo, que es algo menor que el dia comun ó salar, como se explicará mas

Digitized by Google

adelante. El exe sobre que gira la Tierra se llama *exe del Mundo*; y quando se dice simplemente el equador, se entiende que se habla del de la Tierra, al qual tambien se le da el nombre de *equinoccial*.

38. Los puntos en que el exe de la Tierra prolongado se termina en la esfera celeste, se llaman polos del Mundo. El único que pueden descubrir los habitantes de la Europa, está muy inmediato á una Estrella fixa, llamada por esta razon la *Estrella polar*. Dicho polo se llama polo del *norte*, *septentrional*, *boreal*, ó *ártico*; y su opuesto se llama polo del *sur*, *meridional*, *austral*, ó *antártico*. Estos mismos nombres se dan á los polos de la Tierra, y á los respectivos emisferios en que el plano del equador divide al globo de la Tierra, y á la esfera celeste.

Se supondrá que el polo del norte cae hácia la parte anterior del plano de la figura 6.ª, y el polo del sur hácia la parte posterior.

39. Marte gira al rededor de su centro en unas 24 horas y 40′.

Júpiter gira en 9 horas y 56′.

40. El globo de Saturno, por su mucha distancia á la Tierra, no se puede ver con la distincion necesaria para observar su movimiento giratorio, y lo mismo le sucede al del Planeta Herschell.

41. La rotacion da la Luna al rededor de su centro se termina en 27 dias y medio. Esto es, en el mismo tiempo en que hace una revolucion al rededor de la Tierra (*Art.* 26); y por esta razon nos presenta siempre una misma cara.

42. Se sospecha que los Satélites de Júpiter tienen tambien su movimiento giratorio, por verse iluminados con mas ó ménos claridad, al parecer segun las partes de su cuerpo que nos van presentando en virtud de dicho movimiento.

43. Segun esto, los Satélites tienen un movimiento giratorio al rededor de su centro, otro de traslacion al rededor de su Planeta principal, un tercero al rededor del Sol acompañando á su Planeta, y un quarto, que se sospecha que tiene el Sol con todo su sistema: esto es, con todos los cuerpos que giran al rededor de él.

44. No es inverisímil, que cada una de las Estrellas fixas sea el centro de un sistema semejante al solar, con sus Planetas, Cometas, y Satélites.

Digitized by Google

45. Para representar los movimientos de todos los Planetas y Satélites segun su verdadera direccion, conviene tener muy presente lo que sigue.

Si se imagina un observador colocado de suerte que su cabeza se dirija al polo norte, y sus pies hácia el polo sur de la equinoccial, el movimiento giratorio de la Tierra, y el de traslacion de la Luna, siguen la direccion de derecha á izquierda. En este mismo sentido se mueven la Tierra, y todos los Planetas al rededor del Sol, respecto de un observador que mira hácia ellos desde el centro de dicho astro. Si el observador se imagina colocado en los mismos términos en el centro de qualquier Planeta, la direccion expresada será la del movimiento de sus Satélites y la de su movimiento giratorio.

Es evidente, que si la posicion del observador es inversa: esto es, si su cabeza es la que corresponde al polo del sur, y sus pies al del norte, los movimientos expresados se harán hácia su derecha.

Será pues *lmnol* la direccion en que se mueve Marte; y (*u* la direccion del movimiento de la Luna, y de la rotacion de la Tierra; &c.

46. Los Cometas se mueven en todas direcciones: esto es, los unos de derecha á izquierda, los otros de izquierda á derecha &c. respecto de un observador colocado como se ha dicho en el artículo antecedente.

47. De todos los movimientos expresados, el de rotacion es el único que es uniforme, y todos los demas están sugetos á alteraciones considerables, cuyo cálculo es uno de los objetos principales de la Astronomía.

Esta es la razon porque se ha escogido para medida del tiempo el movimiento giratorio de la Tierra, que se llama *movimiento diurno*, porque es el que causa los dias y las noches, como se explicará en su lugar.

48. Los planos de las órbitas de los Planetas se cortan formando distintos ángulos, y sus comunes secciones se dirigen hácia diferentes puntos. Pero como los planos de las órbitas de los Planetas primarios y Cometas pasan por el centro del Sol, las comunes secciones de todas ellas deberán pasar por dicho astro.

49. A la comun seccion del plano de la órbita de un Planeta con el plano de la eclíptica (que es el plano de la órbita de la Tierra) se da el nombre de *línea de los*

Digitized by Google

radios, y sus extremidades en la esfera celeste se llaman *nodos*.

Al ángulo que el plano de cada órbita forma con la eclíptica, se da el nombre de *inclinacion de la órbita*. Las inclinaciones de las órbitas están sugetas á algunas pequeñas alteraciones, y las líneas de los nodos tienen un movimiento poco sensible.

En la figura se indican (al poco mas ó ménos) las líneas de los nodos en el presente año de 1795.

V. g. *ln* indica la línea de los nodos de Marte; de suerte que la parte *nol* se debe imaginar elevada, y la *lmn* depresa, respecto del plano del papel (que es el de la eclíptica) formando con dicho plano el ángulo de 1°...50′.

La inclinacion de la órbita de la Luna es de poco mas de 5°; y la linea de sus nodos da una vuelta en 18 años.

50. La órbita que forma mayor ángulo con la eclíptica es la de Mercurio. Su inclinacion es de 7°.

51. De los dos emisferios en que la eclíptica divide á la esfera celeste, aquel en que está el polo norte del mundo se suele llamar *emisferio superior*, y al opuesto se le da el nombre de *emisferio inferior*.

Al nodo por el qual pasa un Planeta del emisferio inferior al superior, se da el nombre de *nodo ascendente*; y aquel por el qual pasa del superior al inferior se llama *nodo descendente*.

Así, el nodo ascendente de Marte corresponderá al punto *n*, y el descendente á *l*. El nodo ascendente de la Luna corresponde á *u* y el descendente á *d*. En los demas Planetas se han puesto los signos correspondientes

52. La línea de los ápsides forma distinto ángulo con la de los nodos en cada Planeta. Su movimiento es tambien diferente y poco sensible.

En las órbitas de los Planetas primarios el ápside inferior (que es el punto mas próximo al Sol) se llama *perihelio*; y el superior (que es el mas distante) se llama *afelio*.

En la órbita de la Luna se da el nombre de *perigeo* al ápside inferior (que es el punto mas inmediato á la Tierra), y se llama *apogeo* al ápside superior (que es el punto mas remoto).

Tambien se suelen dar los nombres de *apojovio* y *perijovio*, á los ápsides superior é inferior de las órbitas de los Satélites de Júpiter.

Digitized by Google

Del modo de determinar la posicion de los cuerpos celestes.

53. Para determinar la posicion respectiva de los cuerpos celestes, y la verdadera direccion y cantidad de los movimientos expresados, son precisos algunos términos de comparacion. Los mejores son, el plano de la eclíptica, que pasa constantemente por los centros del Sol y de la Tierra, y un plano que se imagina por el centro del Sol, paralelo á la equinoccial terrestre.

54. El ángulo de la eclíptica con la equinoccial apenas varia, y su valor en el dia es de 23°.....27′.....50″. Esta misma será la distancia de sus polos correspondientes (*Esf. Art.* 82 *núm.* 16.°).

55. Establecido esto, los puntos *A* y *L* (*fig.* 6.ª) de la esfera celeste, en que se termina la interseccion *AL* de la eclíptica con la equinoccial, se llaman los primeros puntos de *Aries* y *Libra*. El primer punto de Aries es el punto *A*, en donde se ve el Sol ⊙ desde la Tierra, quando esta se halla en *T*, y empieza á describir la parte *TMt* de la eclíptica que está al sur de la equinoccial. Esto es, quando el Sol se empieza á ver desde la Tierra en la parte opuesta *tNT*, que es la del norte.

56. Desde el primer punto de Aries *A*, en el sentido *ADLFA* en que la Tierra describe su órbita, se divide la eclíptica en doce arcos iguales (de 30° cada uno) á que se da el nombre de *Signos*.

Sus números, nombres, figuras con que se representan, y valores de los arcos de eclíptica contados desde el primer punto de Aries hasta el fin de cada uno de ellos, son como sigue

Signos septentrionales.		*Signos meridionales.*	
I.°.....Aries.....	♈ ..... 30°	VII.°..Libra.....	♎ .....210°
II.°....Tauro.....	♉ 60	VIII.°Escorpio.....	♏ 240
III.°....Geminis....	♊ 90	IX.°..Sagitario.....	♐ 270
IV.°....Cancer.....	♋ 120	X.°..Capricornio.	♑ 300
V.°....Leo.....	♌ 150	XI.°..Aquario.....	♒ 330
VI.°....Virgo.....	♍ 180	XII.°.Piscis.....	♓ 360

Digitized by Google

57. Establecido esto, para comparar los astros con el Sol, se imagina un plano perpendicular á la ecliptica por el centro del Sol y el del astro que se quiere comparar. Al arco de ecliptica contado desde el primer punto de Aries hasta dicho plano, en el sentido ♈♋ en que camina la Tierra, se llama *longitud heliocéntrica*; y al ángulo que la línea tirada del centro del Sol al del astro forma con la eclíptica, se da el nombre de *latitud heliocéntrica*, *boreal* ó *austral*, segun se halla el astro hácia la parte del norte ó del sur respecto de la eclíptica.

58. Para comparar los astros con la Tierra, se imagina que el plano perpendicular á la eclíptica pasa por el centro de la Tierra y el del astro. Al arco de ecliptica contado desde el primer punto de Aries hasta dicho plano, en el mismo sentido en que la Tierra se mueve, se llama longitud *geocéntrica*; y al ángulo que la línea tirada del centro de la Tierra al del astro forma con el plano de la eclíptica, se llama *latitud geocéntrica*.

59. Quando el plano perpendicular que pasa por el centro de la Tierra y el del astro es el mismo que pasa por el centro del Sol, se dice que el astro está en *conjuncion* si cae hácia el mismo lado que el Sol, y en *oposicion* si cae hácia la parte opuesta, respecto de la Tierra.

Segun esto el astro que está en conjuncion tiene la misma longitud geocéntrica que el Sol; y el que se halla en oposicion tiene una longitud geocéntrica que difiere seis signos ó 180° de la longitud del Sol. V. g. si el Sol está en Aries el Planeta en oposicion estará en Libra, &c. respecto á un observador colocado en la Tierra.

60. Los Planetas de órbitas interiores (Mercurio y Venus) no pueden hallarse en oposicion; y sus conjunciones se llaman, *inferior* ó *superior*, segun que dichos Planetas se hallan entre la Tierra y el Sol, ó hacia la parte opuesta.

61. Por *revolucion periódica*, se entiende la vuelta de un Planeta al mismo punto de su órbita; y por *revolucion sinódica*, lo que va de una conjuncion á otra; de la misma especie en Mercurio y Venus.

62. Un Planeta se llama *directo*, quando va aumentando de longitud: *estacionario* quando ni aumenta ni disminuye; y *retrógrado*, quando va disminuyendo de longitud geocéntrica de un dia á otro.

63. Todo lo indicado en los últimos artículos (*Art.* 57 *á* 62) se comprehenderá sin dificultad con la explicacion de la fig. 7.ª

ANLBA representa la eclíptica, cuyo plano es el del papel.

Digitized by Google

♈ es el lugar de la Tierra en su órbita *TtH*; *RME* es la órbita de un Planeta de órbita exterior; y *au* la de otro de órbita interior. *Nn* es la línea de los nodos, de suerte que la parte *FR Mp* se debe considerar elevada, y la *pEF* depresa, respecto al plano de la figura.

1.° Si el Planeta se halla en *M*, serán *Ms*, *MT* sus distancias verdaderas al Sol y á la Tierra: y tirando desde *M* la *Mm*, perdicular al plano de la eclíptica en *m*, será *m* el lugar del Planeta reducido á la eclíptica, y *ms*, *mT*, sus *distancias acortadas.*

2.° *AD* es la longitud heliocéntrica; *Ad* la longitud geocéntrica; *Msm* es la latitud heliocéntrica, y *MTm* la geocéntrica, ambas boreales.

3.° *smT* = *dmD*, se llama la *paralaxe del orbe ánuo*, *msT* la *comutacion*, y *mTs* la *elongacion.* La mayor elongacion de Venus no puede llegar á 47°.....50′, ni la de Mercurio puede pasar de 28°.....20′.

4.° A la distancia *FRM*, del Planeta al nodo, contada en su órbita, se da el nombre de *argumento de la latitud*, y á la diferencia que hay entre dicho arco y el de eclíptica contado desde el nodo hasta la *sD*, se da el nombre de *reduccion á la eclíptica.*

5.° Si el Planeta se halla en el punto *E*, situado en la parte inferior de su órbita, tirada la *Ee* perpendicular al plano de la eclíptica en *e*, será *AGLB* la longitud heliocéntrica, *AGLb* la geocéntrica; *EsB*, *ETb*, las correspondientes latitudes australes; &c.

6.° Un Planeta *r* estaria en oposicion, y otro *R* en conjuncion, suponiendo la Tierra en *T.* En el mismo caso un Planeta *u* estaria en su conjuncion inferior, y otro *a* en la superior.

7.° Los Astrónomos suelen dar el nombre general de *sizigios* á la oposicion y conjuncion, y dicen que un Planeta está en *quadratura* quando su elongacion es de 90°.

8.° Aunque un Planeta se halle en los sizigios no estará su centro en línea recta con los del Sol y la Tierra; sino mas arriba ó mas abaxo respecto del plano de la eclíptica. Pero si los sizigios se verifican estando el Planeta en la línea de los nodos *Nsn*, en tal caso los centros del Sol, Tierra, y Planeta, estarán en línea recta: y en los sizigios que se verifiquen en la inmediacion de dicha línea *Nn*, aunque los tres centros no estén en línea recta, lo podrán estar algunos puntos de sus cuerpos, cubriéndose en todo ó en parte, segun sus tamaños, distancias, &c.

9.° Quando el Planeta se halle en los *límites*, que son los dos puntos de su órbita equidistantes de los nodos, el ángulo *MsN* sera recto (*Geom.* 81) y por consiguiente (*Esf.* 25, 36 y 37) la latitud heliocéntrica *Msm* será igual á la inclinacion de la órbita. En tal caso el Planeta se verá bastante separado del cuerpo del Sol, aun quando se halle en conjuncion

10.° Para hacerse cargo de las retrogradaciones de los Planetas, supóngase que de un dia á otro pasa la Tierra de *T* á *t* y el Planeta de *r* á *k*; y por ser *Tt* mayor que *rk*, la prolongacion de *tk* cortará á la prolongacion de *Tr* en *f.* De esto se sigue, que

Digitized by Google

el Planeta, que hoy v. g. se veia en *o* se verá mañana en *q*, y respecto de un observador colocado en la Tierra, habrá caminado aparentemente el arco de eclíptica *oq*, en direccion contraria á la de su verdadero movimiento. Se concibe sin dificultad (con solo tirar una recta por *s* y *z* y otra por *t* y *z*) que si el Planeta estuviese en *R* y la Tierra en T, el movimiento del Planeta apareceria directo, y mayor de lo que es en realidad. Al pasar el Planeta del movimiento directo al retrógrado, ó de este á aquel, aparecerá como parado ó estacionario durante un tiempo sumamente corto.

64. Conviene advertir, que quando se dice simplemente longitud ó latitud de un astro, se entiende la geocéntrica.

Dicha distincion de longitudes y latitudes celestes, en heliocéntricas y geocéntricas, es enteramente inútil quando se trata de las Estrellas fixas, ó de otros qualesquiera cuerpos, colocados á una distancia que sea como infinita respecto del radio del orbe ánuo *Ts*, que es la distancia de la Tierra al Sol.

65. Para convencerse de esto, sea *i* el astro que se halla á las distancias *is*, *iT*, infinitas respecto de *Ts*, y por lo demostrado (*Esf. Art.* 15 *num.* 8.°) será cero el ángulo *siT* y su opuesto al vértice *giG*. Luego el arco *Gg* (que es la diferencia entre las longitudes geocéntrica y heliocéntrica) será absolutamente imperceptible.

66. Por el mismo estilo se demuestra, que en qualquier punto de su órbita que se halle la Tierra, se terminará la interseccion de la eclíptica y equinoccial en los mismos puntos de la esfera celeste *A* y *L*.

67. En efecto, sea *AL* la interseccion de la eclíptica con la equinoccial quando esta pasa por el centro del Sol *s*, por hallarse la Tierra en *t'* ó en *t.''* Sea *Tl* la interseccion de dichos planos quando la Tierra se halla en otro qualquier punto *T*, y tirada la *TL*, resultarán los ángulos *sLT*, *lTL* iguales por alternos. Pero *sLT* es cero (*Esf. Art.* 15 *num.* 8.°): luego tambien será cero *lTL*, y por consiguiente *l* y *L* aparecerán desde *T* ó *s* como un solo punto.

68. Para convencerse prácticamente de estas verdades interesantes, basta atender, á que dos luces distantes algunas pulgadas, se distinguen muy bien una de otra quando se miran de cerca, y se confunden en una sola quando se ven desde muy lejos, aunque su distancia sea de algunos pies. Tambien, si desde el un extremo de una alameda muy larga se dirige la vista hácia el otro extremo, parece que se están tocando los árboles últimos, aunque su distancia sea igual á la de los primeros, que aparecen bastante separados.

69. Tambien se suelen comparar los astros con la equi-

Digitized by Google

noccial. Para esto se imagina un plano perpendicular á ella por el centro de la Tierra y el del astro.

Al arco de equinoccial, contado desde el primer punto de Aries hasta el plano, en el sentido en que se mueve la Tierra, se llama *ascension recta*, ó simplemente *ascension*; y al ángulo que forma la línea tirada por los centros del astro y de la Tierra con el plano de la equinoccial, se llama *declinacion*; y puede ser *boreal* ó *austral*, como la latitud.

70. Resta advertir, que los términos de comparacion expresados (*Art.* 53) no están fixos, y de sus variaciones de posicion ha resultado el atribuir á las Estrellas fixas unos movimientos que no tienen en realidad.

71. El mas sensible de todos es el que resulta de la *precesion de los equinoccios.*

La causa es un movimiento que tiene el exe de la Tierra, con el qual describe una superficie cónica al rededor del exe de la eclíptica, en sentido contrario al de su movimiento de traslacion. De esto resulta un movimiento giratorio retrógrado en la línea *AL* (*fig.* 6.ª) que es la comun seccion de los planos de la eclíptica y equinoccial.

Como la posicion de la eclíptica no varía, no variarán las latitudes de los astros de resultas de este movimiento, ni se alterará el ángulo de la eclíptica con la equinoccial, puesto que permanece constante el de sus exes (*Esf.* 42).

Al movimiento de la línea *AL*, que determina la posicion de los primeros puntos de Aries y Libra, se da el nombre de *precesion de los equinoccios*, porque dichos puntos *A* y *L* se llaman tambien *puntos equinocciales.* La precesion de los equinoccios es de unos 50″ cada año.

Si el dia 1 del presente año de 1795 era *AL* la línea de interseccion de los planos expresados, el 1 de 1796 será dicha interseccion *be*, y por consiguiente *b* y *e* serán los primeros puntos de Aries y Libra el dia 1 del año de 1796.

Luego una estrella fixa, que por estar situada en la línea *AL* no tenia longitud alguna el dia 1 de 1795, tendrá el 1 de 1796 la longitud *eL* de 50″.

72. De esto resulta tambien, que el tiempo que pasa desde que la Tierra sale de la interseccion de la equinoccial con la eclíptica *T*, hasta que llega, al cabo de un año comun, á la nueva interseccion *t'*, será menor que el que emplea en volver al mismo punto *T*. Por esta razon el año comun ó *trópico*, que es el tiempo que emplea la Tierra en volver á la misma longitud, es menor que el año sidéreo, que es el tiem-

Digitized by Google

po que emplea en volver á colocarse enfrente de las mismas Estrellas fixas, ó por mejor decir, el tiempo que emplea en hacer una revolucion completa al rededor del Sol.

Esta es la razon porque el año trópico ó comun es de 365 dias 5 horas 49′; y el sidéreo de 365 dias 6 horas 9′ como se advirtió (*Art.* 24 *núm* 3.°).

73. Los demas movimientos son tan pequeños, que se pueden despreciar enteramente en las aplicaciones de la Astronomía á la Navegacion.

Para no dar demasiada extension á este tratado nos limitarémos á indicar sus causas.

1.° Un desplazamento, ó variacion de posicion del plano de la eclíptica, tan pausado que apénas pasa de 1′ en 100 años.

2.° Una alteracion en el ángulo del exe de la eclíptica con el de la Tierra, dimanada de un movimiento en el segundo, á que se da el nombre de *nutacion*. Este movimiento es alternativo, de suerte que durante 9 años aumenta y durante otros 9 años disminuye, y al cabo de diez y ocho años vuelve á su primitiva posicion. Las diferencias en mas y en ménos no pasan de 18″ al cabo de cada 9 años.

3.° La *aberracion*, que resulta de la combinacion del movimiento de la Tierra con el de la luz que viene de los astros; y nos los hace ver en un punto diferente de aquel en que se hallan en la realidad.

En efecto, la luz yere el órgano de la vista segun la diagonal de un paralelogramo, cuyos lados son el espacio caminado por la luz y el caminado por la Tierra (que es muchísimo menor) durante 1′. El observador verá pues el astro segun dicha diagonal (*Art.* 2).

Bastan unos cortos principios de Mecánica para formar alguna idea de esta correccion, que no pasa de 20″ en mas ó en ménos.

4.° Modernamente se ha encontrado en el movimiento de todo el sistema solar la causa de una variacion de posicion de las Estrellas fixas, que se hace mas sensible en las mas brillantes, porque al parecer están mas inmediatas á nosotros. Este movimiento será insensible en las mas remotas, por unas razones semejantes á las que se expusieron (*Art.* 65).

No será extraño el que cada una de las Estrellas fixas, con su sistema correspondiente, tenga algun movimiento semejante al que se atribuye al Sol.

5.° En quanto á la paralaxe del orbe ánuo, considerable en los Planetas (*Art.* 63 *núm.* 3.°), es absolutamente insensible en las Estrellas fixas por su gran distancia (*Art.* 65); y por consiguiente, desde qualquier punto de la órbita de la Tierra se verán las Estrellas en la misma direccion.

Digitized by Google

De la Tierra.

74. Al Planeta que habitamos se suele dar el nombre de *Tierra*, *Globo de la Tierra*; *ó Globo Terráqüeo*, por que las aguas ocupan gran parte de su superficie.

Su figura es la de un sólido engendrado por la revolucion de una semielipse (*fig.* 1.ª) *tax* al rededor de su exe menor *tcx*. Dicho exe menor es el exe sobre que gira la Tierra, y el exe mayor es el diámetro de la equinoccial.

75. La mitad del exe menor, que es la distancia del centro al polo, es de unas 7655700 varas de Burgos; y la mitad del exe mayor, que es el radio del equador, tiene de largo unas 7613000 varas. La diferencia de las distancias del centro de la Tierra al polo y á la circunferencia de la equinoccial será segun esto de unas 42700 varas, que apénas excede á $\frac{1}{180}$ de la longitud del radio de la equinoccial. Esta diferencia, que otros creen que no pasa de $\frac{1}{300}$, es muy pequeña, y por lo tanto

76. La Tierra se puede considerar como esférica para los usos ordinarios de la Astronomía y Navegacion. Bien que hay cálculos delicados en que no se puede prescindir de la verdadera figura de la Tierra.

77. En quanto á las desigualdades que resultan de los montes, valles, &c. son respecto de una esfera tan grande lo que un grano de arena respecto de una bola de villar.

En efecto, la altura de los montes mas elevados apénas pasa de 7500 varas de Burgos, que viene á ser $\frac{1}{1200}$ del radio de la equinoccial.

78. A la parte mas elevada de la superficie del Globo, ocupada por las materias sólidas, damos el nombre de *Tierra*, para distinguirla de las partes mas baxas cubiertas por una cantidad considerable de agua, que llamamos *Mar*.

Se cree con fundamento que la mayor profundidad de la Mar no excede en mucho á la altura de los montes mas elevados.

79. A una porcion sumamente grande de la superficie de la Tierra, cuya union no está interrumpida por la Mar, se suele dar el nombre de *Tierra firme*, *ó Continente*. La Tierra firme se divide en quatro partes principales, que se llaman *las quatro partes del Mundo*. A las tres primeras, que están unidas y se conocen desde un tiempo inmemorial, se suele dar el nombre *de antiguo continente*; y son, *la Europa*, *Asia*, y *Africa*. La otra, descubierta por Cristoval

Digitized by Google

Colon á fines del siglo XV , se llama *América* , *Indias Occidentales* , ó *nuevo Continente.*

80. En el dia está reconocida casi toda la superficie de nuestro Globo , exceptuando las Regiones circumpolares. Esto es , los dos casquetes esféricos inmediatos á los polos.

No se ha podido penetrar en dichas Regiones , á pesar de los grandes esfuerzos que se han hecho en este último siglo. Las enormes masas de yelo , que flotan sobre las aguas , rodean las embarcaciones , que están continuamente expuestas á estrellarse.

81. A la descripcion de la Tierra firme se da el nombre de *Geografía* , y á la descripcion de la parte cubierta por las aguas se llama *Hidrografía.* A las representaciones de la Tierra firme se da el nombre de *Mapas* , ó *Cartas geográficas* ; y las representaciones de los Mares se llaman *Cartas hidrográficas* , *Cartas marítimas* , *Cartas naúticas* , ó *Cartas de marear.* El Mapa que representa el todo de la superficie del Globo , dividido en dos emisferios , se llama *Mapa mundi.*

82. Las reglas que sirven para construir las Cartas varían segun el parage en que se considera el punto de distancia (*Esf.* 15) , y segun los objetos á que se quiere satisfacer. La construccion de las Cartas hidrográficas es de la mayor importancia para la Navegacion. En dicho tratado se enseñará á delinearlas y á servirse de ellas ; y se indicarán de paso los principios que se deben tener presentes para la construccion de los Mapas de que suelen servirse los Geógrafos.

83 Un flúido muy compresible , transparente , y dilatado, que llamamos *ayre* , rodea nuestro Globo , y se eleva á una altura considerable, En el ayre se mantienen los vapores , y otros cuerpos de poquísimo peso respecto del espacio que ocupan, del mismo modo que las maderas y otros cuerpos ligeros se sostienen en el agua. Al conjunto del ayre y de los cuerpos que están suspendidos en él , damos el nombre de *atmósfera.*

84. Como el ayre es compresible y pesado , las capas inmediatas á la superficie de la Tierra serán mas densas , y las superiores estarán mas dilatadas. Tambien se dilata el ayre con el calor y se condensa con el frio.

85. En un estado medio , un pie cúbico de ayre de las capas inferiores pesa unas 800 veces ménos que un pie cúbico de agua: que vienen á ser o'946 onzas castellanas. En la cima de los montes mas elevados es el ayre tan sutil que se respira con dificultad; y á unas 81000 varas de Burgos de altura , contada sobre el nivel del mar , ya no se ve iluminado aunque reciba los rayos del Sol.

86. De la suma de las atracciones de todas las partículas de nues-

Digitized by Google

tro Globo dimana la fuerza á que damos el nombre de *gravedad*.

87. Un hilo que lleva un peso en un extremo y se sugeta por el otro extremo, se llama *aplomo*, y su direccion és la de la gravedad.

La direccion en que actua la gravedad se llama *línea vertical*, y á sus perpendiculares se da el nombre de *líneas horizontales*.

88 En la Mecánica se demuestra, que todas las líneas tiradas en la superficie superior de un flúido que está quieto, son horizontales. Si la Tierra fuese esférica, todas las verticales concurririan en el centro; y en la realidad van á parar á diferentes puntos del exe, poco distantes del centro de la Tierra. En los casos ordinarios se prescinde de dicha diferencia.

89. A la extremidad de la vertical que corresponde en la esfera celeste á la cabeza del habitante del lugar, se llama *zenit*; y á la extremidad opuesta, que corresponde á los pies, se da el nombre de *nadir*.

El zenit del observador *z* (fig. 5.ª) será el nadir del observador *l*, y estos dos habitantes, diametralmente opuestos, se llaman antípodas.

90. Al plano que resulta de la union de todas las horizontales, esto es, al plano que pasando por el ojo del observador es perpendicular á la vertical, se da el nombre de *horizonte sensible* ó *aparente*.

Será pues *eS* (fig. 5.ª) el horizonte sensible ó aparente del observador *e*.

91. Por el centro de la Tierra se imagina un plano paralelo al horizonte sensible, que se llama *horizonte astronómico*, *horizonte racional*, ú *horizonte verdadero*.

Será pues *vS* (*fig.* 5.ª) el horizonte verdadero de los observadores *z* y *l*: y *zl* será el horizonte verdadero de los observadores *o* é *i*.

92. El zenit y nadir son los polos del horizonte, extendido hasta la esfera celeste; y el habitante es el polo del círculo máxîmo que resulta de la seccion del horizonte racional con el Globo de la Tierra (*Esf. Art.* 19 y 80).

93. Si desde el ojo del observador se imaginan varias tangentes á la superficie de la mar, estas formarán una superficie cónica, que se llama el *horizonte de la mar*.

Será pues *feS* (*fig.* 5.ª) el horizonte de la mar del observador *f*.

94. No cabe duda en que el observador, colocado en medio de la Mar, verá todos los puntos superiores al horizonte de la mar; que se confunde con el sensible, si el observador está muy inmediato á la superficie.

Digitized by Google

V. g. para el observador que está en *e* (*fig.* 5.ª) es *eS* el horizonte sensible y el de la mar.

95. En tierra se puede conocer quando está un astro en el horizonte sensible , por medio de una esquadra. Si uno de sus brazos se ajusta con un aplomo , el otro brazo indicará la horizontal , que se puede conocer tambien por medio de un *nivel.*

La teórica de los niveles se funda en lo dicho (*Art.* 88).

96. Quando un astro esté en el horizonte verdadero *vcs.* (*fig.* 5.ª) , el horizonte pasará por los polos *o* é *i* del círculo de iluminacion (*Art.* 14 *núm.* 1.º) Luego el círculo de iluminacion pasará por el habitante *z* (*Esf. Art.* 82 *núm.* 12.º) que estará á punto de descubrir el astro , ó perderlo de vista (*Art.* 14 *núm.* 2.º)

97. Un astro se dice que *nace* , quando pasa de la parte inferior á la superior del horizonte verdadero : y se dice que *se pone* , quando pasa de la superior á la inferior. Este nacer y ponerse se distinguen con el nombre de *verdaderos.* El astro puede aparecer al observador ántes ó despues de que se verifique su nacer verdadero , por las causas indicadas (*Art.* 14 *á* 19). De esto dimanan las diferencias entre el nacer y ponerse *verdaderos* y *aparentes* , de que se tratará con extension quando se expliquen las correcciones que deben aplicarse á las alturas aparentes de los Astros.

98. Para comparar los astros con el horizonte , ó lo que viene á ser lo mismo , para compararlos con el zenit , se imagina una porcion de planos cuya comun seccion es la vertical , y á dichos planos se da el nombre general de *verticales.*

99. El vertical que pasa por los polos del mundo se llama particularmente *Meridiano* ; y su perpendicular se llama *vertical primario.*

100. El meridiano es perpendicular al horizonte y á la Equinoccial (*Esf. art.* 82 *núm.* 10.º) y por consiguiente, los polos del Meridiano estarán en la interseccion de la equinoccial , horizonte , y vertical primario (*Esf. art.* 82 *núm.* 14.º)

101. De los dos emisferios en que el meridiano divide á la Tierra y esfera celeste , se llama emisferio *oriental* emisferio del *este* , ó de *levante* , al que cae al lado por donde aparecen los astros , al pasar del emisferio inferior al superior del horizonte; y se llama emisferio *occidental* , emis-

Digitized by Google

ferio del *oeste*, ó de *poniente*, al que cae al lado por donde los astros se ocultan, pasando del emisferio superior al inferior.

102. El que se haya hecho cargo de lo dicho (*Art.* 14, 45 *y* 97) no tendrá dificultad en comprehender porque mirando del norte hácia el sur cae el este á la izquierda y el oeste á la derecha del observador. Lo contrario sucederá si el observador se pone cara al norte. Así, lo mismo es decir la direccion de occidente á oriente, que la direccion en que gira la Tierra.

103. Los puntos en que el meridiano y el vertical primario cortan al horizonte, se llaman *los quatro puntos cardinales.*

De las dos intersecciones del meridiano con el horizonte, la mas inmediata al polo del norte se llama *norte*, y la otra *sur.*

De las dos intersecciones del vertical primario con el horizonte, la que cae al lado del este se llama *este*, ó *punto del verdadero levante*; y su opuesta se llama *oeste*, ó *punto del verdadero poniente.*

104. En los puntos del verdadero levante y poniente se cortan, la equinoccial, el horizonte, y el vertical primario (*Art.* 100).

105. La recta que pasa por los puntos cardinales norte y sur, se llama *línea norte sur*; y la que pasa por los puntos del verdadero levante y poniente, se llama *línea este oeste.* Dichas líneas dividen el horizonte en quatro quadrantes, que suelen designarse con números. El primero es el comprehendido entre el norte y el este. El segundo es el comprehendido entre el sur y el este. El tercero es el comprehendido entre el sur y el oeste. El quarto es el comprehendido entre el norte y el oeste.

106. Establecido esto, al ángulo que el vertical del astro forma con el meridiano, se da el nombre de *azimut*: y quando el astro no dista mucho del horizonte, se suele llamar *amplitud* al ángulo que forma su vertical con el vertical primario.

107. Al ángulo que forma con el horizonte la recta tirada desde el centro de la Tierra al del astro, se llama *altura verdadera*: y por lo tanto, el ángulo que la misma recta forma con la vertical, será el complemento de la altura verdadera.

108. La medida del azimut será el arco de horizonte

Digitized by Google

comprehendido entre uno de los puntos cardinales norte ó sur y el vertical del astro (*Esf.* 44): y la medida de la amplitud será el arco de horizonte comprehendido entre uno de los puntos cardinales este ú oeste y el vertical del astro.

109. Para determinar bien la posicion de un astro por medio de su azimut y altura, no basta expresar el valor del azimut, y es preciso advertir el punto que se toma por principio, y la direccion en que se cuenta.

V. g. azimut *sur* 21° *este*, quiere decir que el vertical forma con el meridiano un ángulo de 21°, contados desde el punto cardinal sur en la direccion que va del sur al este. Este mismo astro se podrá decir que tiene el azimut *norte* 159° *este*. Esto es, que su vertical forma con el meridiano un ángulo de 159° contados desde el punto cardinal norte en la direccion del norte al este.

La amplitud del mismo astro seria este 69° sur; puesto que su vertical forma con el vertical primario un ángulo de 69°, contados desde el este hácia el sur.

110. Es muy interesante el adiestrarse en reducir un azimut contado desde el norte á azimut contado desde el sur; y al contrario; y en reducir los azimudes á amplitudes, y estas á aquellos. Una figura en que el círculo terminador represente el horizonte con los quatro puntos cardinales, bien colocados (*Art.* 102.), manifestará la operacion de aritmética que se debe executar para el objeto que se propone.

111. En quanto á las alturas, conviene advertir que la distancia del polo del círculo de iluminacion al observador, contada sobre la superficie de la Tierra, es el complemento de la altura (*Art.* 107.); y la altura verdadera será igual á la distancia del polo del círculo de iluminacion al horizonte (*Esf. art.* 82 *núm.* 7.°)

112. Para colocar en su posicion respectiva todos los lugares del Globo de la Tierra, se imaginan por sus polos varios círculos máxîmos llamados *meridianos*, ó *círculos de latitud terrestres.*

Por meridiano de un lugar ó *meridiano superior*, se entiende el semicírculo que pasando por el lugar se termina en los polos: y el otro semicírculo se llama *meridiano inferior.*

En rigor, el meridiano es una semielipse (*Art.* 74).

113 Tambien se imaginan varios círculos menores paralelos á la equinoccial, que se llaman simplemente *paralelos*, ó *círculos de longitud terrestres.*

Digitized by Google

114. Por *latitud* de un lugar se entiende el ángulo que forma la línea vertical con el equador : y por lo tanto, su complemento será el ángulo que la línea vertical forma con el exe del mundo.

115. Suponiendo la Tierra esférica, la latitud es igual al arco de meridiano comprehendido entre la equinoccial y el lugar (*Art.* 88 *y Esf. art.* 45). El arco de meridiano comprehendido entre el lugar y el polo, será el complemento de la latitud (*Esf. art.* 82 *núm.* 7.°).

116. Tambien se puede decir, que la latitud es la distancia de un lugar á la equinoccial ; y su complemento, es la distancia al polo mas próximo, contadas sobre la superficie de la Tierra en grados y minutos (*Esf. art.* 102 *y* 104).

117. A la latitud se dan las mismas denominaciones de *norte*, *sur*, *&c.* que á los emisferios en que se halla el lugar (*Art.* 38).

118. Se llama *primer meridiano* al que se toma por término de comparacion para situar todos los demas.

119. Por *longitud* de un lugar se entiende el arco de equinoccial contado de occidente á oriente, desde el primer meridiano hasta el meridiano del lugar.

120. Dada la latitud está dado el paralelo del lugar, y dada la longitud está dado el meridiano : y como el meridiano y paralelo se cortan en un solo punto, está claro que la posicion de un lugar se determina por medio de su latitud y longitud.

121. Al arco de meridiano comprehendido entre los paralelos de dos lugares, se da el nombre de *diferencia de latitud.*

122. Haciendo una figura, cuyo círculo terminador sea el meridiano, y señalando en ella los polos norte y sur, la equinoccial, y los paralelos de los dos lugares, se ve que quando las latitudes de los dos lugares son de distinta especie, la diferencia de latitud es igual á la suma de las dos latitudes : y quando son las dos latitudes de una misma especie, la diferencia de latitud es igual á la diferencia entre las latitudes de los dos lugares.

123. No es ménos evidente, que para obtener la distancia de un lugar al polo mas inmediato, en grados y minutos, se debe restar su latitud de 90° ; y se debe sumar con la misma cantidad para obtener su distancia al polo mas remoto.

124. V. g. porque la latitud de Cartagena es 37°...35'..50'' *N*,

Digitized by Google

y la de Cádiz es 36°...32'..00'' *N*, su diferencia de latitud será 1° 03'.....50''. La distancia de Cartagena al polo del norte será 52° 24'...10'' ; y 127°...35'...50'' será su distancia al polo del sur.

La latitud de Lima es 12°....01'....15'' *S* ; y así, su diferencia de latitud con Cádiz será 48°....33'....15'' ; y 102°....01'.... 15'' será la distancia de Lima al polo del norte.

125. Si se supone (*fig.* 8ª) que *ec* representa un quadrante de la equinoccial, *ep* un quadrante del meridiano, *p* el polo, *ec*, *dn*, *bn*, *sm*, &c. las verticales de los puntos correspondientes, *eod* será la verdadera latitud de *d*, *etb* la de *b*, *exs* la de *s*, &c.

126. Si *eod* vale 1° , el arco *ed* del meridiano elíptico inmediato á la equinoccial tiene la extension de 132417 varas de Burgos ; y si *aus* vale otro grado, y la latitud *exa* es de 66° , el arco *sa* de meridiano, distante 33° del polo *p*, vale unas 133985 varas. De suerte que los arcos de meridiano elíptico, correspondientes á 1° de diferencia de latitud, son mayores al paso que están mas distantes de la equinoccial.

127. Para los casos ordinarios se pueden suponer los meridianos circulares, y el valor de cada grado de dicho círculo, y de todos los demas que se pueden considerar como círculos máximos, vendrá á ser un medio entre los dos valores expresados, que son 133200 varas, con corta diferencia.

128. Cada grado de círculo máximo se supone que tiene 20 leguas marítimas, y cada legua tres millas ; de suerte que una milla y 1' de círculo máximo sobre la superficie de la tierra, son una misma cosa. Valdrá pues cada milla $\frac{1}{60}$ de 133200 varas, que son 2220 varas, y cada legua marítima valdrá el triplo que son 6660 varas.

129. No cabe duda en que quanto ménos número de leguas se cuenten en un grado, tanto mayor será el valor de cada una de dichas leguas : de suerte que si el grado se supusiese que constaba de diez leguas, dichas leguas serian doble mayores que las expresadas, Luego (*Arit.* 352) para saber en varas de Burgos el valor de una legua española, de las quales se cuentan 17 y $\frac{1}{2}$ en un grado, se deberá decir 17'5:20::6660: x=7611 varas.

130. En quanto á longitudes, hay que advertir que los modernos suelen contarlas desde el primer meridiano hácia el este y hácia el oeste, hasta llegar á 180°. En tal caso, si el lugar de que se trata está al oeste del primer meridiano, se debe dar á su longitud el nombre de occidental.

V. g. un lugar que tenga 181° de longitud contada por el método antiguo (esto es hácia oriente hasta completar 360°) se hallará en 179° de longitud occidental.

131. Por *diferencia de longitud* se entiende el arco menor de equinoccial comprehendido entre los meridianos de los dos lugares : ó lo que es lo mismo, el ángulo que for-

Digitized by Google

man en los polos dichos meridianos. Por esta razon, la diferencia de longitud nunca puede pasar de 180°.

132. Para no equivocarse en la resolucion de los problemas que se pueden proponer sobre longitudes, conviene guiarse por una figura; y no recurrir á reglitas de memoria, que se olvidan ó se equivocan unas con otras con facilidad.

Para esto, el círculo terminador (*fig.* 9.ª) *OMEDO* representará la equinoccial, y las rectas tiradas del centro á la circunferencia representarán los quadrantes de los meridianos. El primer meridiano se puede designar con una *M* sobre el equador, y una *n* ó *s* en el centro, segun se quiera que sea el polo del norte ó el del sur el que se considera elevado sobre el plano de proyeccion. Con esto quedan ya determinadas las direcciones este y oeste (*Art.* 102): y conviene señalar con una *E* y una *O* los dos puntos del equador distantes 90° de *M*, para no equivocarlas.

Los exemplos siguientes manifiestan el modo de servirse de la figura.

La longitud de Pondicheri, respecto al meridiano de Paris, es 77°....31'....30''. La de Manila respecto al mismo meridiano es 118° ....54'....08''; y la de Lima es 280°,.. 50'....30''. Es evidente, que representando *nM* el meridiano de Paris, se deberá tomar el arco *Mq* de 77°,..,31'....30'' hácia oriente, y *nq* será el meridiano de Pondicheri. Tomando $MEx = 118° ...54'....08''$, será *nx* el meridiano de Manila; y tomando *MEDOk* de 280°....50'....30'', será *nk* el meridiano de Lima. Será pues $qx = MEx - Mq = 41°....22'... 38''$ la diferencia de longitud entre Pondicheri y Manila.

$qEDOk = MqEDOk - Mq = 203°...,19'$, será el arco mayor de equinoccial comprehendido entre los meridianos de Pondicheri y Lima; y su complemento á $360° = kMq = 156°...,41'$, será la diferencia de longitud entre dichos lugares.

Si se dice que la longitud de Pondicheri es 77°....31'...30'' oriental, y la de Lima 79°....09'....30'' occidental, tomando el arco *Mbk* de 79°....09'....30'' hácia occidente, será *nk* el meridiano de Lima, como ántes: y $kMq = Mk + Mq = 156°....41'$ será la diferencia de longitud.

133. En la eleccion de primer meridiano no convienen los Geógrafos. Unos toman por primer meridiano el que pasa por la extremidad occidental de la Isla de Hierro, ó algunos minutos mas allá. Otros toman el que pasa por el pico de Teyde en la Isla de Tenerife, otros el que pasa por el cabo Lezard en Inglaterra; y modernamente se suelen tomar por primeros meridianos los de los mejores observatorios, como el de Paris, Greenwich, Cádiz, &c.

Digitized by Google

Así, no basta expresar la longitud simplemente en grados y minutos, y se hace preciso designar el meridiano que se toma por primero, y añadir la denominacion de oriental ú occidental, si es que se cuentan las longitudes, hácia uno y otro lado de dicho primer meridiano, como acostumbran los modernos.

134 Conviene pues adiestrarse en reducir á un primer meridiano (qualquiera que sea) las longitudes contadas desde otro, cuya diferencia con el primero sea conocida. Para esto es lo mejor recurrir á la figura que se explicó (*Art.* 132.)

V. g. la longitud de Cádiz respecto del primer meridiano de Paris es 8°....36'....15'' occidental, segun el Conocimiento de Tiempos de Paris de 1791. La longitud de Cartagena respecto del primer meridiano de Cadiz es 5°....16' oriental, segun el Derrotero del Mediterráneo de Don Vicente Tofiño. Supongamos que con estos datos se pide hallar la longitud de Cartagena respecto al meridiano de Paris.

Si *nM* (*fig.* 9.) representa el meridiano de Paris, tomando hácia el oeste el arco $Mk = 8°....36'....15''$, será *nk* el meridiano de Cádiz: y tomando desde *k* el arco $kb = 5°....26'$, hácia el este, representará *nb* el meridiano de Cartagena: y $Mb = Mk - kb = 3°....10'....15''$ será la longitud de Cartagena respecto al meridiano de Paris; occidental, porque el arco *Mb* se cuenta de *M* hácia occidente. Su diferencia á 360°, que es 356°....49'....45'', será el arco *MEDOb*, contado hácia oriente: esto es, la longitud de Cartagena contada segun el método antiguo.

135. Para hacer una aplicacion interesante de la Trigonometría Esférica, supongamos que conocidas las latitudes y longitudes de dos lugares, se pida la menor distancia del uno al otro sobre la superficie de la Tierra. Dicha distancia será el arco de círculo máximo comprehendido entre los dos lugares (*Esf. art.* 102): y este arco, con los de meridiano comprehendidos entre cada uno de los lugares y el polo, formará el triángulo esférico que se ha de resolver. Para esto se hallarán ante todas cosas las distancias de ambos lugares á un mismo polo (*Art.* 123), y la diferencia de longitud (*Art.* 131 y 132); y con esto se conocerán dos lados y el ángulo comprehendido. Se hallará pues el tercer lado por lo dicho (*Esf. art.* 211 *caso* III *núm.* 2.°) y se reducirá á leguas, millas, ó varas, por lo establecido (*Art.* 128).

136. Supongamos por via de exemplo que se pide la menor distancia de Cádiz á Lima sobre la superficie de la Tierra. La latitud de Cádiz es 26°....32'....00'' N. La de Lima es 12°....01'....15'' S. La longitud de Cádiz, respecto al meridiano de Paris, es 8°....36'....15''.... occidental; y la de Lima es 79°....09'....30'' occidental.

Será pues el primer lado del triángulo la distancia de Cádiz al polo del norte $53°....28' = L'$.

Digitized by Google

La base será la distancia de Lima al mismo polo 102°....01'.... 15'' = B.

El ángulo primero será el formado en el polo por los meridianos de Cádiz y Lima, que es la diferencia de longitud 70°.... 33'....15'' = A'.

El segundo lado, que se busca, será la distancia de Cádiz á Lima = L''; que se hallará como sigue (*Esf. art.* 211 *caso* III *mum.* 2.°).

R :	Cos.	A'... 70°... 33'... 15''...	L.	cos.	 298		
					9ᶜ 5223043		
: :	Tan.	L'... 53.... 28... 00....	L.	tan.	10ᶜ 1302628		
:	Tan.	s'... 24.... 11... 50....	L.	tan.	9ᶜ 6525969		
		B... 102.... 01... 15					
Dif. =		s''... 77... 49... 25					
Cos.		s'... 24°... 11'... 50''...	L.	cos. c. a...	0ᶜ 0399385		
: Cos.		s''... 77.... 49... 25....	L.	cos....	9ᶜ 3240731		
					 488		
: : Cos.		L'.... 53... 28... 00....	L.	cos.....	9ᶜ 7747288		
: Cos.		L''... 82... 05... 16....	L.	cos.....	9ᶜ 1387892		

Será pues la distancia de Cádiz á Lima 82°...05'...16'', que equivalen á poco mas de 1641 leguas marítimas y 2 millas (*Art.* 128).

137. Si se quiere, se pueden hallar facilmente los ángulos que forma con los meridianos de los dos lugares el arco de círculo máximo que va del uno al otro (*Esf. art.* 211 caso I núm. 1.°) pues no cabe duda en que el formado en Cádiz es obtuso, y el otro agudo (*Esf. art.* 161 *nùm.* 2. ᶜ y 3.°).

Se pondrá el cálculo, para que sirva de exemplo de lo dicho (*Esf. art.* 169 y 216).

Sen.	L.'... 82°... 05'... 16''...	L. sen. c. a.	 12			
			0ᶜ 0041531			
: Sen.	A.'... 70... 33... 15...	L. sen....	 37			
			9ᶜ 9744880			
: : Sen.	L'... 53... 28... 00...	L. sen....	9ᶜ 9049916			
: Sen.	A... 49... 54... 12...	L. sen.....	9ᶜ 8836376			
Sen.	L''... 82... 05... 16...	L. sen. c. a.	 12			
			0ᶜ 0041531			
: Sen.	A'... 70... 33... 15...	L. sen....	 37			
			9ᶜ 9744880			
: Sen.	L'=Cos. 12... 01... 15...	L. cos....	 22			
			9ᶜ 9903686			
: Sen.	A''=Cos. 21... 23... 10....	L. cos.....	9ᶜ 9690168			
Será	A''... 111... 23.... 10					

El cálculo manifiesta que el ángulo formado en Lima es de 49° 54' 12''; y el formado en Cádiz de 111° 23' 10''.

Digitized by Google

138 Si los dos lugares se hallan en el mismo emisferio, conviene baxar el perpendículo desde el mas inmediato al equador; pues como el ángulo en el polo es agudo, segun que dicho perpendículo cayga dentro ó fuera, será agudo ú obtuso (*Esf. art.* 155) el único ángulo que puede serlo (*Esf. art.* 167 *núm.* 3.°)

Con este conocimiento se evita el hallar los ángulos por el método enseñado (*Esf. art.* 211 Caso V) que es mas largo.

De los fenómenos que resultan del movimiento giratorio de la Tierra.

139. Sea (*fig* 9.ª) *MEDOM* la equinoccial, *n* el polo del norte, y *S* el Sol, que se supone inmóbil en qualquier punto del plano *SMn* que pasa por el exe del mundo *n*; de suerte que el polo del círculo de iluminacion es *p*, ú otro qualquier punto del meridiano *Mn*. El exe del mundo es perpendicular al plano del papel en *n*, y la Tierra gira en la direccion *MEDOM* (*Art.* 45).

En virtud de dicho movimiento giratorio, los habitantes *u*, *a*, &c. describirán los paralelos de sus respectivas latitudes durante una revolucion de la Tierra: y el habitante *M* describirá la equinoccial.

140. El movimiento giratorio de la Tierra es uniforme, y por lo tanto todos los lugares, en iguales tiempos, describirán arcos de igual número de grados de sus respectivos paralelos.

141. Esto supuesto, al pasar el meridiano *Muan* por el polo del círculo de iluminacion *p*, estará el Sol *S* en su plano, y será *medio dia* para todos los habitantes *M*, *u*, *a*, &c. que están en dicho meridiano. Esto es, que serán las 12 del dia segun el uso civil, y las cero segun el modo de contar de los Astrónomos.

Quando el meridiano de dichos habitantes se coloque segun la *nE* (perpendicular á *nM*) serán para todos ellos las 6 de la tarde.

Quando se coloque segun la *nD*, serán las 12 de la noche.

Quando llegue á tomar la posicion *nO*, serán las 6 de la mañana del dia siguiente segun el uso civil, y las 18 horas del mismo dia segun el uso astronómico.

Finalmente, quando el expresado meridiano vuelva á su primera posicion *nM* respecto al Sol, será otra vez mediodia. Esto es, serán las 12 del dia del dia siguiente se-

Digitized by Google

gun el uso civil : y segun los Astrónomos, serán las 24 horas de aquel dia, ó las cero del siguiente.

142 Conviene advertir, que segun el uso civil, ó por mejor decir segun el uso eclesiástico, el dia se empieza á contar desde la media noche antecedente al medio dia en que empieza la cuenta astronómica. Esto es, que á las 3 de la mañana del 5 de Diciembre segun el uso eclesiástico, corresponden las 15 del dia 4 de Diciembre del dia astronómico. Pero á las 3 de la tarde del dia 5 segun el uso eclesiástico, corresponden las 3 del mismo dia 5 segun el uso astronómico, que es el que siguen los navegantes para llevar la cuenta de lo que camina la embarcacion.

Con estos conocimientos es muy fácil el reducir la hora astronómica á hora civil, y esta á aquella ; sin necesidad de mas reglas que las que dicta la simple razon natural.

143. Puesto que una revolucion de la Tierra respecto al Sol (esto es 360°) componen 24 horas, $\frac{1}{4}$ de vuelta, que son 90°, compondrán 6 horas, y cada 15° compondrán 1 hora, ó 60′ de tiempo. Cada 15′ de grado compondrán 1′, ó 60″ de tiempo, &c. Esto es, que los grados de movimiento giratorio de la Tierra respecto al Sol, están con los minutos de tiempo correspondientes, como 15, á 60, ó lo que es lo mismo, como 1 á 4. En esta misma razon de 1 á 4 estarán los minutos de grado con los segundos de tiempo, &c.

144 Luego para saber el tiempo correspondiente á qualquier número de grados, minutos, &c. de movimiento giratorio de la Tierra respecto al Sol, no habrá que hacer mas que multiplicarlos por 4 (*Arit. art.* 360) y rebaxarlos á la especie inmediata. Esto es, que el producto de los grados debe representar minutos, el de los minutos debe representar segundos, &c.

145. Si dado el tiempo se quiere averiguar el movimiento giratorio correspondiente, se procederá por un método inverso. Esto es, que se deberán partir por 4 los minutos, segundos, &c. de tiempo, y elevarse á la especie inmediata, haciendo grados al quociente de los minutos, &c. En quanto á las horas, se reducirán á grados multiplicándolas por 15 (*Art.* 143); porque no hay especie superior á los grados, que siga la misma ley que las inferiores. Los grados que resulten de las horas se agregarán á los

Digitized by Google

que hubiesen producido los minutos, y en vez de la division por 4 se puede sacar la mitad de la mitad, como se enseñó en la Aritmética (*Arit. art.* 244).

146. Todo se comprehenderá mejor con los exemplos.

1.° Reducir 39°....28'....50'' '3 á tiempo.

Multiplicando.....39°...28'...50'' '3

Multiplicador.....4

Producto, que es el resultado...2 horas.37'...55''..21''' '2

2.° Convertir esta misma cantidad en grados, minutos, &c. de movimiento.

Multiplicando las horas por 15; sacando la mitad de la mitad de los minutos, segundos, &c. y agregando los 30° que producen las horas á los 9° que producen los

15	
2 horas..	37'... 55''... 21'''' 2
30°	18.... 57.... 40' 6
	09°.. 28'... 50'' '3
	+ 30

minutos, resultan.....39°... 28'... 50'' '3

147. Si los arcos *Mb*, *Mc* (fig. 9.ª) valen 1°, quando sea mediodia para los habitantes del meridiano *Mn* serán 4' mas para los habitantes del meridiano *cn*, y 4' ménos para los habitantes de *bn*. Esto es, que para los habitantes del meridiano *cn* será siempre 4' mas tarde, y para los de *bn* será 4' mas temprano.

De aquí se sigue, que los habitantes que se hallan en diferentes longitudes cuentan distintas horas en un mismo instante; y la diferencia de las horas que en un mismo instante se cuentan en diferentes meridianos, tiene una relacion determinada con la diferencia de sus longitudes. Esta relacion es la misma que tienen las horas, minutos, &c. de tiempo con los grados, minutos, &c. de movimiento giratorio de la Tierra.

148. Dada pues la diferencia de horas que se cuentan en un mismo instante en dos lugares, estará determinada su diferencia de longitud: y dada la diferencia de longitud entre dos lugares, estará determinada la diferencia de las horas que sus habitantes cuentan en un mismo instante. Esta es la razon porque las diferencias de longitud entre varios lugares se pueden expresar en grados, minutos, &c. de equinoccial; ó en horas, minutos, &c. de tiempo; y se reducen fácilmente de una denominacion á otra por las reglas dadas (*Art.* 144 y 145).

149. Los lugares mas orientales presentan ántes sus meridianos al Sol, y por consiguiente será para ellos mas tarde, y en los lugares mas occidentales será mas temprano.

Digitized by Google

Con este conocimiento es muy fácil reducir la hora de un meridiano á hora de otro meridiano. Esto, es dada la hora que es en el primero hallar la hora que en el mismo instante debe ser en el segundo. &c.

150. V. g. Se quiere saber que hora es en Cádiz quando son las 3 horas, 20′ y 51″ de la tarde del dia 3 de Diciembre en el meridiano de Manila, que está 127°...08′..15″ mas oriental.

Los 127°...08′...15″ equivalen (*Art.* 144) á 8 horas, 28′ y 33″; y por consiguiente será en Cádiz 8 horas 28′ y 33″ mas temprano.

Se deberán pues restar estas horas, minutos y segundos, de la hora de Manila, para obtener la de Cádiz; y por lo enseñado (*Arit, art.* 85) se procederá como sigue.

Hora dada	+ 3 horas,	20′	51″
Diferencia de longitud oriental	− 8	28	33
Hora reducida	− 5	07	42

El signo − manifiesta que las 5 horas, &c. deben contarse hácia atras (*Arit. art.* 66). Esto es, que en Cádiz faltan 5 horas, 7′ y 42″ para medio dia; que restadas de 12 horas darán la hora civil de la mañana de aquel dia; y restadas de 24 horas darian la hora astronómica del dia anterior.

Serán pues en Cádiz las 6 horas, 52′ y 18″ de la mañana del dia 3 de Diciembre segun la cuenta civil; y las 18 horas, 52′ y 18″ del dia 2 de Diciembre segun la astronómica.

151. Se ha supuesto que la hora y dia de Manila eran los que contaría un navegante que hubiese llegado á dicho meridiano navegando desde Cádiz hácia oriente, esto es, por el cabo de Buena Esperanza. Pero si dicho dia y hora fuesen los que contaria un navegante que hubiese llegado al meridiano de Manila dirigiéndose desde Cádiz hácia la parte occidental (como lo hizo Magallanes) en Cádiz será un dia mas tarde. Esto es, que serán en Cádiz las 6 horas, 52′, y 18″ de la mañana del dia 4 segun la cuenta civil; y las 18 horas, 52′ y 18″ del dia 3 de Diciembre segun el modo de contar de los Astrónomos. Esto último es lo que sucede efectivamente, y se explicará mas adelante (*Art.* 157).

152. Si el lugar estubiese al occidente, seria en Cádiz mas tarde, y por lo tanto la diferencia de longitud reducida á tiempo se deberia sumar con la hora que es en el meridiano del observador, para saber la que es en el mismo instante en Cádiz.

V. g. Se quiere saber que hora es en Cádiz quando son las 7 horas, 53′ y 34″ de la tarde del dia 8 de Noviembre en el Pico de Teyde en la Isla de Tenerife. Dicho pico está 10° 23′ 45″ al occidente de Cádiz, que equivalen á 41′ y 35″ de tiempo, será pues

Hora dada	+ 7 hor.	53′	34″
Diferencia de longitud occidental	+ 0	41	35
Hora reducida	+ 8	35	09

Digitized by Google

Serán segun esto en Cádiz las 8 horas 35′ y 9″ del mismo dia.

153. Es evidente, que si al sumar la diferencia de longitud con la hora de un meridiano, para obtener la que es en otro meridiano, resulta una suma mayor que 12 horas segun el uso civil, ó mayor que 24 horas segun el astronómico, la hora verdadera será el exceso de la que hubiese resultado sobre 12 horas en el primer caso, y sobre 24 horas en el segundo; &c.

V. g. Si resultan las 26 horas y 40′, serán en realidad las 2 horas y 40′ del dia siguiente. Si la hora dada es anterior á media noche, y contando segun el uso civil resultan las 15 horas y 30′, serán en realidad las 3 horas y 30′ de la mañana del dia civil siguiente; y si la hora dada es de la mañana, serán las 3 horas y 30′ de la tarde de aquel mismo dia civil.

154. Si en el caso de tener que restar una hora mayor de otra menor, como en el exemplo propuesto (*Art.* 150), se quieren evitar las cantidades negativas, se añadirán al minuendo 12 horas si se sigue la cuenta civil, y 24 horas si se sigue la astronómica, pues lo mismo es decir las 3 de la tarde del dia 3 de Diciembre, que las 27 del dia 2, &c.

155. La razon natural es la mejor guia para salir de duda en todos casos, y el que no se acostumbre á discurrir, nunca podrá tener confianza en sus cálculos, por mas que se fatigue en aprender de memoria un sin número de reglas, fáciles de olvidar y de confundir unas con otras.

156. De lo dicho (*Art.* 141 *y siguientes*) se deduce que si un viagero se traslada en un dia del meridiano *Mn* (*fig.* 9.ª) al *cn*, 1° mas oriental, quando sea medio dia en el meridiano de salida, serán para él los 4′ de la tarde: y por lo tanto contará que han pasado 24 horas y 4′, qnando los habitantes del meridiano de salida *Mn* solo cuentan 24 horas. Si el mismo viagero llega al meridiano *En* al cabo de 100 dias, contará 100 dias y 6 horas, quando solo cuentan 100 dias los del meridiano *Mn* de donde salió: y al llegar el viagero al meridiano *Dn*, contará medio dia mas que los habitantes de *Mn*.

Por el mismo estilo se demuestra, que si otro viagero se aleja del mismo meridiano *Mn* hácia occidente, quando llegue al meridiano *bn* contará 4′ ménos; quando llegue á *On* contará 6 horas ménos; y finalmente, contará medio dia ménos que los habitantes de *Mn* quando llegue á su meridiano inferior *Dn*.

Digitized by Google

Luego el que llega á *Dn* habiendo caminado hácia oriente, contará un dia mas que el que llegue al mismo meridiano habiendo navegado hácia occidente.

257. Esta es la razon porque en algunas Islas inmediatas al Asia, descubiertas por los Europeos que han navegado hácia oriente, se cuenta un dia mas que en otras, colocadas en una longitud poco diferente, que han sido descubiertas por los Europeos que han navegado hácia el occidente.

Esto último se verifica en las Islas Filipinas; y es menester que los Marinos estén bien impuestos en dicha diferencia, para no cometer al error craso de un dia entero en la reduccion de la hora de un meridiano á la de otro. De este error puede resultar otro de 22′ en la declinacion del Sol, y en la latitud de la Nave deducida de su altura meridiana, como se verá mas adelante.

158. Si los viageros de que se habló (*Art.* 156) despues de haber llegado al meridiano *Dn* siguen dando la vuelta, hasta concurrir en el meridiano *Mn*, de donde saliéron, el que ha navegado hácia oriente contará un dia mas que los habitantes de dicho meridiano, y el que ha navegado hácia occidente un dia ménos. De suerte que las cuentas del tiempo que llevarán dichos viageros, diferirán una de otra en 2 dias ó 48 horas: puesto que el uno contará un dia mas, y el otro contará un dia ménos, de lo que cuentan las habitantes del meridiano *Mn*, que no se han movido. Esto se entiende si alguno de ellos no ha enmendado ántes su cuenta, como se practica ordinariamente.

159. Para no equivocarse en exemplos semejantes al propuesto (*Art.* 150 y 151) lo mejor es preguntar si la cuenta de los dias y horas del meridiano cuya hora se conoce, es la que llevaria un viagero que hubiese llegado á él navegando hácia el este, ó si es la que llevaria el que hubiese llegado navegando hácia el oeste, desde el meridiano á que quiere reducirse la hora expresada.

En el primer caso se contará la diferencia de longitud oriental, y en el segundo occidental, aunque resulte mayor que 180° ó 12 horas.

V. g. Se dixo (*Art.* 150) que Manila está 8 horas, 28′ y 33″ al oriente de Cádiz: y que la cuenta de los dias y horas es la que lleváron los navegantes que llegaron allá por el lado de occidente (*Art.* 157). Se restará pues dicha diferencia de longitud de 24 horas, y se dirá que Manila está 15 horas, 31′ y 27″ mas occidental que Cádiz. Esta cantidad sumada con la hora de Manila (que son 3 horas 20′ y 51″) dará la hora reducida, 18 horas, 52′ y 18.″

Digitized by Google

Serán pues en Cadiz las 18 horas 52′ y 18″ del mismo dia 3 de Diciembre segun la cuenta astronómica; y las 6 horas, 52′ y 18″ de la mañana del dia 4, segun el uso civil. Este resultado es el mismo que se dió ántes (*Art.* 151).

160. En los fenómenos explicados hasta aquí, ningun influxo tienen las latitudes de los lugares ni las declinaciones del Sol, puesto que dichos fenómenos son los mismos para todos los habitantes de un mismo meridiano, y se verifican del mismo modo quando el polo del círculo de iluminacion está en *p* (*fig.* 9.ª) que quando está en *M*, *u*, *a*, ú otro qualquier punto del plano *Sn*, que se supone fixo por ahora. Pasarémos á exâminar otros fenómenos que resultan del movimiento giratorio de la Tierra, y tienen dependencia de las latitudes de los lugares y declinaciones de los astros.

161. Para esto, sea (*fig.* 10.ª) el círculo terminador *nesqn* el meridiano que pasa por el centro del astro, situado en *A*, en *B*, ó en *D*. Sea *n* el polo del norte, *s* el del sur, *eq* la equinoccial; *am*, *og*, dos paralelos distantes de ella unos 23° y 28′; y *bd*, *fp*, otros dos paralelos distantes de su polo correspondiente los mismos 23° y 28′, con corta diferencia.

162. Si el astro *A* está en el plano de la equinoccial, se hallará en *e* el polo del círculo de iluminacion *ns*, que será un meridiano. La parte de la Tierra que cae á la izquierda de *ns* será la iluminada, y la obscura será la de la derecha.

1.° El círculo de iluminacion *ns* dividirá por mitad todos los paralelos *bd*, *am*, *og*, *fp* &c. (*Esf. art.* 82 *núm.* 20): y por consiguiente todos los habitantes de la Tierra, que describen dichos paralelos, verán al astro durante media revolucion; y durante la otra media revolucion no lo verán.

2.° Pero los habitantes de los polos *n* y *s* verán al astro en horizonte (*Art.* 96) durante toda la revolucion.

3.° Los habitantes del equador *eq* pasarán sucesivamente por el punto *e*, y en aquel instante en que se hallen en *e* no harán sombra, y verán al Sol sobre su cabeza (*Art.* 14 *núm.* 3.°).

4.° Los habitantes del emisferio del norte verán el astro hácia el sur, y sus sombras se dirigirán hácia el norte, quando sus meridianos pasen por el punto *e* (*Art.* 14 *núm.* 4.°).

Digitized by Google

5.° Los habitantes del emisferio del sur verán el astro hácia el norte, y sus sombras se dirigirán hácia el sur, en igual caso.

163. Si el astro está en *B*, de suerte que la recta *Bc*, que va de su centro al de la Tierra, forme con la equinoccial *eq* el ángulo *Bce* de 23° y 28′ hácia el sur, el polo *o* del círculo de iluminacion estará en el paralelo *og*, distante 23° y 28′ de la equinoccial *eq* (*Esf. art.* 45 *y* 104): y el círculo de iluminacion será *bp*.

1.° Los habitantes de todo el casquete comprehendido entre el paralelo *fp* y el polo *s*, no perderán el astro de vista durante toda la revolucion de la Tierra, puesto que los paralelos que describen, en virtud del movimiento diurno de la Tierra, están enteramente en el emisferio iluminado.

2.° Por una razon semejante, no podrán ver al astro los habitantes de los paralelos superiores á *bd*, que están enteramente en el emisferio obscuro.

3.° Por pasar el plano *bp* á la derecha de la porcion del exe *cs*, en que están los centros de los paralelos, (*Esf. art.* 82 *núm.* 18.°) los centros de los paralelos del emisferio del sur (como *z*) quedarán hácia la izquierda de *bp*. Luego las porciones *ou*, &c. de dichos paralelos, que están en el emisferio iluminado, serán mayores que las *ug*, &c. que están en el emisferio obscuro.

4.° Por esta razon todos los habitantes del emisferio del sur verán al astro durante mas de media revolucion, y no lo descubrirán durante un tiempo menor.

5.° Lo contrario les sucederá á los habitantes del emisferio del norte, cuyos paralelos (como *am*) tienen la mayor parte de la circunferencia en el emisferio obscuro.

6.° Los habitantes del paralelo *og* no harán sombra en el instante en que se hallen en el punto *o*, y verán pasar al astro sobre su cabeza.

7.° Los habitantes del casquete comprehendido entre el paralelo *og* y el polo *s*, al pasar por el plano fixo *Bns*, verán al astro al lado del norte, y sus sombras se dirigirán hácia el sur (*Art.* 14 *núm.* 4.°).

8.° En igual caso, los habitantes de la porcion comprehendida entre el paralelo *og* y el polo *n*, verán el astro hácia el sur, y sus sombras se dirigirán hácia el polo del norte.

Digitized by Google

164. Si el astro está en *D*, de suerte que el ángulo *Dce* sea de 23° y 28′ hácia el lado del norte, será *a* el polo del círculo de iluminacion *df*.

1.° En este caso, los habitantes del casquete superior al paralelo *bd* no perderán al astro de vista; y los del casquete *fsp* no lo verán.

2.° Los habitantes del emisferio del norte verán al astro durante la mayor parte del tiempo; y lo contrario les sucederá á los habitantes del emisferio del sur.

3.° Los habitantes del paralelo *am* no harán sombra en el instante en que se hallen en el punto *a*, y verán pasar al astro sobre su cabeza.

4.° Los habitantes del casquete comprehendido entre el paralelo *am* y el polo *n*, al pasar por el plano fixo *Dns*, verán al astro al lado del sur y sus sombras se dirigirán hácia el norte.

5.° En igual caso, los habitantes de la porcion comprehendida entre el paralelo *am* y el polo *s*, verán al astro hácia el norte, y sus sombras se dirigirán hácia el polo del sur.

165. Todos los habitantes de la Tierra, excepto los de la misma equinoccial y los de sus dos polos, se dice que se hallan en la esfera oblicua, porque su línea vertical forma ángulos oblicuos con el exe del mundo, y por consiguiente su horizonte es oblicuo á la equinoccial. Los fenómenos de la esfera oblicua son los que se acaban de explicar (*Art.* 162 *á* 165).

166. Los habitantes del equador verán en todos los casos al astro durante la mitad del tiempo, y durante la otra mitad no lo verán; respecto á que la equinoccial y el círculo de iluminacion se cortan por mitad (*Esf. art.* 82 *núm.* 5.°).

El zenit de dichos habitantes corresponderá siempre á la equinoccial celeste; su horizonte será un meridiano, y por lo tanto tendrán continuamente los dos polos de la esfera celeste en su horizonte; y verán nacer y ponerse todos los demas puntos de dicha esfera.

Se dice que dichos habitantes se hallan en la esfera recta, porque su horizonte forma ángulos rectos con la equinoccial.

167. Los habitantes de los polos *n* y *s* tendrán su zenit y nadir en los polos celestes, su horizonte verdade-

Digitized by Google

ro será la equinoccial, verán continuamente todos los astros que están en su respectivo emisferio, y nunca descubrirán los del emisferio opuesto.

Se dice que dichos habitantes se hallan en la esfera paralela, porque su horizonte es paralelo á la equinoccial.

168. Dada esta idea general de los fenómenos principales del movimiento diurno, en las tres posiciones de la esfera, recta, oblicua, y paralela, pasarémos á determinar algunas de las cantidades de que dependen.

1.° La latitud *eo* (*fig.* 10.ª) del paralelo *og*, cuyos habitantes pasan por debaxo del astro sin hacer sombra, es igual á la declinacion del astro *ecB* (*Esf. art.* 45), y de la misma especie.

2.° Si de los quadrantes *es*, *op*, se quita la parte comun *os*, quedará *sp=eo*. Esto es, que los habitantes que no pierden el astro de vista, son aquellos cuyo complemento de latitud (*sp*) es igual ó menor que la declinacion del astro (*eo*) y de su misma especie.

3.° Por el mismo estilo se demuestra que es *bn=eo*. Este es, que los habitantes que tienen un complemento de latitud igual ó menor que la declinacion del astro, y de contraria especie, son los que no lo descubrirán nunca.

4.° Los que lo descubrirán y perderán de vista alternativamente, durante mas ó ménos tiempo, son todos los restantes: esto es, todos aquellos que tienen un complemento de latitud mayor que la declinacion del astro, sea de la especie que se quiera.

169. Qualquiera que sea el punto *a* (*fig.* 10.ª) en que se halla el polo del círculo de iluminacion, su menor distancia á qualquier paralelo (como *bd*) será el arco perpendicular (*ab*) (*Esf. art.* 82 *núm.* 10.° y *art.* 104): luego el polo del círculo de iluminacion se halla á la menor distancia del habitante quando está en su meridiano.

170. De esto se sigue que el astro tiene el menor complemento de altura al hallarse en el meridiano del observador (*Art.* 111); y por lo tanto, la mayor altura del astro será la meridiana.

171. Esto se entiende, quando el arco que va del polo del círculo de iluminacion al habitante, ó lo que es lo mismo, el que va del astro á su zenit, no pasa por el polo. Esto es, quando el astro se halla en el meridia-

Digitized by Google

no superior. Pero si dicho arco pasa por el polo : esto es, si el astro se halla en el meridiano inferior, en tal caso, la distancia del astro al zenit es la mayor de todas, y por consiguiente, su altura es la menor.

172. En efecto (*fig.* 10.ª) si el polo del círculo de iluminacion se halla en *a* y el habitante en *d*, tirado el arco de círculo máximo *ar*, á qualquier punto del paralelo *bd*, es *an* + *nr* mayor que *ar* (*Esf. art.* 100). Pero es *nr*=*nd* (*Esf. art.* 82 *núm* 6.°): luego será *an*+*nd* mayor que *ar*. Esto es, que la distancia meridiana *ad*=*an*+*nd*, es mayor que otra qualquiera *ar*.

173. Para demostrar que el meridiano que pasa por el astro, ó lo que es lo mismo, por el polo del círculo de iluminacion, divide por mitad los arcos iluminados de los paralelos, se procederá como sigue.

Sea (*fig.* 11.ª) *emo* la porcion de paralelo iluminada : esto es, supóngase que pasa por *e* y *o* el círculo de iluminacion. Sea *p* su polo y *n* el de la Tierra. Tírense los arcos de círculo máximo *ne*, *no*, *ep*, *op*, y *nmp*: y los triángulos esféricos *pen*, *pon*, tienen el lado *pn* comun; los *ep*, *op*, iguales (por distancias del círculo de iluminacion á su polo) y *en*, *on*, tambien iguales (por distancias del paralelo al polo del mundo). Luego dichos triángulos son totalmente iguales (*Esf. art.* 125); y por consiguiente el ángulo *enp* será igual á *onp*, como tambien sus medidas *em*, *om*, (*Esf. art.* 82 *num.* 17.°).

Esto es, que el arco *em* es igual á *om*, y por consiguiente cada uno de ellos es mitad de la porcion iluminada *emo*.

174. Como la interseccion *m* del paralelo con el meridiano superior, dista por uno y otro lado 180° de la interseccion con el meridiano inferior (*Esf. art.* 82 *num.* 20.°), quitando de dichos semicírculos de derecha é izquierda los arcos iguales *mo*, *me*, quedarán iguales los residuos. Esto es, que el meridiano inferior dividirá por mitad á la porcion de paralelo que está en la parte obscura. De todo esto se sigue que

175. Desde que el observador ve nacer un astro (al hallarse en *o*) hasta que lo ve en el meridiano (al hallarse en *m*) pasa el mismo tiempo que desde que lo ve en el meridiano hasta que lo ve ponerse (al hallarse en *e*).

Tambien, el tiempo que media desde que el astro se pone (al hallarse el habitante en *e*) hasta su paso por el meridiano inferior (al hallarse el habitante en el punto del paralelo diametralmente opuesto á *m*) será igual al que media entre dicho paso inferior y el instante en que nace el astro (por hallarse el habitante en *o*).

176. Por *dia natural* entienden los Astrónomos el tiempo que media entre uno y otro paso del Sol por el meridiano superior. Llaman *dia artificial* al tiempo que pasa des-

Digitized by Google

de el nacer al ponerse verdadero del Sol; y *noche* al tiempo restante, que es aquel durante el qual está el Sol debaxo del horizonte verdadero.

177. Por esta razon se llama *arco diurno* la porcion de paralelo *eo* (*fig.* 11.ª) iluminada; y *arco nocturno* la obscura, que es el complemento de la primera á 360°. Dichas porciones reducidas á tiempo (*Art.* 144) determinan la duracion del dia y de la noche.

La porcion *mo* de paralelo, comprehendida entre el meridiano superior y el círculo de iluminacion, será el arco *semidiurno*: y la porcion comprehendida entre el círculo de iluminacion y el meridiano inferior, será el arco *seminocturno*.

178. Conociendo los tres lados del triángulo quadrantal *pen*, se puede hallar el ángulo *enp* (*Esf. art.* 191) cuya medida es el arco semidiurno *em*. Conocido este, es fácil hallar el seminocturno, que es su suplemento. Esta materia se tratará con mas generalidad y extension en adelante.

179. Algun tiempo ántes de nacer el Sol se descubre la atmósfera iluminada; y lo mismo sucede durante algun tiempo despues de haberse ocultado dicho astro.

Al tiempo que media entre la total obscuridad y el nacer ó ponerse del astro, se da el nombre de *crepúsculo*: y la luz de que se disfruta durante dicho tiempo se llama *luz crepuscular*. Al crepúsculo que precede al nacer del Sol se llama *crepúsculo matutino* ó *aurora* y al que se sigue al ponerse de dicho astro, se llama *crepúsculo vespertino*, ó de la tarde.

180. Si *aet* (*fig.* 12ª) representa una seccion del globo de la Tierra hecha por el centro del Sol *s*, el habitante *a*, y el centro de la Tierra *c*, es evidente que los rayos solares *sb*, *sq*, &c. iluminarán todos los puntos de la atmósfera superiores á la tangente *stb*. Establecido esto, si los puntos desde *u* inclusive hácia abaxo son los únicos en que el aire tiene la densidad necesaria para reflexar la luz, el habitante empezará á disfrutar del crepúsculo quando (en virtud del movimiento giratorio de la Tierra) llegue al punto *a*, en que la *ud* es tangente á la superficie del globo.

Se ha observado que esto sucede, con corta diferencia, quando el rayo solar *stb* forma el ángulo *suo* de 18° con el horizonte *ao*. Esto es, quando su altura negativa (que se llama depresion) es de unos 18°. Las *stb*, *dao* son perpendiculares á los radios *ct*, *ca* (*Geom. art.* 111): y así, por lo demostrado (*Esf. art.* 204) será *suo* = *act*, y por consiguiente será el ángulo *suo* igual al arco *aet*. Esto es, que *aet* será de unos 18°.

181. Esto manifiesta, que el crepúsculo empieza quan-

Digitized by Google

do el habitante dista unos 18° de la circunferencia del círculo de iluminacion (*Art.* 14 *núm.* 1.°).

De esto se sigue, que si en la fig. 10.ª se quiere saber qual es la porcion de la Tierra en que se disfruta del crepúsculo, quando el Sol está en *D*, se debe tirar un paralelo al círculo de iluminacion por los puntos *k* y *r'*, distantes 18° de *d* y *f* hácia la parte obscura.

Por el mismo estilo se puede tirar el círculo menor que divide los habitantes que se hallan en una total obscuridad, de los que disfrutan de mas ó ménos luz, en las demas posiciones de los astros. Dichos círculos menores se han omitido para no confundir la figura sin necesidad.

182. Resta dar razon del movimiento aparente de la esfera celeste. Para esto, represente (*fig.* 13.ª) *enq* la mitad de un meridiano terrestre visto con alguna oblicuidad, *eoqse* la equinoccial, *amżta* el paralelo de un habitante, y *n* el polo del norte. La vertical *czZ*, en virtud del movimiento giratorio de la Tierra, describirá una superficie cónica, y el zenit *Z* del habitante *z* trazará en la esfera celeste el paralelo *ZTAMZ*. Luego al observador le parecerá que todos los puntos que se hallan en dicha superficie cónica van pasando por encima de su cabeza, y que por consiguiente describen el expresado paralelo. Todas las demas rectas como *ug*, que pasan por el habitante y un determinado punto de la Tierra *u*, describirán otras superficies cónicas, y trazarán otros paralelos, como *gkbpg*, en la esfera celeste: y al observador (que se considera inmóbil) al ver que los extremos de dichas visuales (que cree fixas) van correspondiendo á diferentes puntos de un paralelo de la esfera celeste, le parecerá que dichos puntos describen el paralelo *gkbpg*.

183. De aquí se sigue, que al habitante le parecerá que la esfera celeste, con todos los demas puntos intermedios, da en 24 horas una vuelta al rededor del exe de la equinoccial.

184. En realidad el habitante, con todos los puntos, líneas, y planos que dependen de su posicion, es el que gira. Esto es, que el zenit, el nadir, los verticales, el horizonte, y sus paralelos (que se llaman *almicantarats*) giran al rededor del exe de la Tierra en 24 horas.

185. Quando solo se trata de calcular las posiciones de los astros respecto de dichas líneas y planos, no se cometerá error en representarlos como fixos, y suponer que la esfera celeste gira, caminando cada astro por la circunferencia de su respectivo paralelo.

Dicha falsa suposicion simplifica mucho la solucion de varios problemas de Cosmografía, por medio de los Globos celeste y terrestre. En la superficie del primero están colocadas las Estrellas

Digitized by Google

fixas, y en la del segundo los lugares de la Tierra, segun sus posiciones relativas. A ambos los atraviesa por el centro un arambre grueso, que representa el exe del Mundo. Dicho arambre se introduce en dos agugeros diametralmente opuestos que tiene un meridiano fixo: y el meridiano encaxa en dos hendeduras hechas en un círculo horizontal, que representa al horizonte, y apoya en la parte inferior del pie de la máquina. En uno y otro Globo se suelen trazar la equinoccial, eclíptica, y otros círculos, de que se tratará mas adelante.

186. En este tratado se recurrirá siempre á la Trigonometría esférica, que da las soluciones mas exactas: y para que los principiantes se acostumbren á concebir las cosas como son en realidad, se hará poquísimo uso de dicha falsa suposicion.

187. Para dar mas fuerza á lo que se ha dicho últimamente y ya se advirtió ántes (*Art.* 11 y 12) sobre los engaños á que nos expone el sentido de la vista, se añade que quando se comparan dos objetos, de los quales el uno está fixo y el otro en movimiento, por lo regular nos parece que aquel que miramos con mas atencion es el que se mueve.

Si se mira con mucha atencion á la Luna, tal vez parece que dicho astro camina velozmente en direccion opuesta á la que siguen las nubes, que corren por debaxo arrastradas por el viento. Si el navegante mira con mucha atencion las aguas inmediatas al costado de la nave, le parece que dichas aguas corren hácia atras: y quando la embarcacion gira, le parece que van girando los objetos que están al rededor, y que mira con particular cuidado. En estos casos, y otros semejantes, en que sabemos con certeza qual es el objeto que se mueve, acaso se necesitará alguna distraccion para que la ilusion tenga lugar.

De las Estaciones y Zonas.

188. Todo lo relativo á las Estaciones y las Zonas es muy interesante para los Marinos, que en sus navegaciones recorren la superficie del Globo casi de un extremo á otro, y pueden tener durante uno ó mas años los dias mayores que las noches.

189. Para los que quieran comprehender las cosas á fondo se establecerán ántes algunos principios, que pueden pasar por alto los demas, y en beneficio de todos se dirá al fin el modo de representar en pequeño la mayor parte de los fenómenos que vamos á explicar (*Art.* 221 y 222).

190. Si *BE* (*fig.* 10ª) representa la equinoccial celeste, el plano *AqBE*, perpendicular á la terrestre *eq*, lo será tambien á la celeste *BE*; y las secciones *Aq*, *BE* serán paralelas (*Esf. art.* 60). Luego, por lo establecido (*Esf. art.* 45 y *Geom. art.* 93) el ángulo *EBc*, que forma con la equinoccial celeste la recta tirada del

Digitized by Google

centro del Sol al de la Tierra , es igual á la declinacion del Sol *Bce*: y por consiguiente es igual á la distancia *oe* del círculo de iluminacion al equador.

191. Represente pues (*fig.* 14.ª) *iavli* la órbita de la Tierra , que determina el plano de la eclíptica *IAVLI* , sea *eAqLe* la equinoccial celeste , y *AastL* la comun seccion de dichos planos. Esta línea *AL* determina los primeros puntos de Aries y Libra , que se llaman en general *puntos equinocciales* : y su perpendicular *VI* determina los primeros puntos de Cáncer y Capricornio , que se llaman en general *puntos solsticiales.*

La porcion *LTIA* de la eclíptica cae hácia la parte inferior de la equinoccial (esto es hácia el Sur) ; y la *At'VL* hácia la parte superior (esto es , hácia el norte): y para evitar toda duda , se han representado con puntos las líneas de cada uno de dichos planos que se suponen vistas al traves del otro plano.

192. Supóngase la Tierra en *t* y el Sol en *s* ; imagínese por *t* y *s* el plano *Tmst'n* perpendicular á la equinoccial , y representando *Ttsot'* la comun seccion de dicho plano con el de la eclíptica , y *msn* la comun seccion del mismo plano perpendicular con el de la equinoccial celeste, el ángulo *t'sn* = *Tsm* representará la declinacion del Sol, que desde la Tierra *t* se verá en el punto *t'* de la eclíptica.

193 Establecido esto , en el triángulo esférico *Ant'* , rectángulo en *n* , será *At'* (medida de *Ast'*) el arco de eclíptica comprehendido entre el Sol y uno de los puntos equinocciales ; *t'n* (medida de *nst'*) será la declinacion del Sol ; y el ángulo *nAt'* será el que forma el plano de la eclíptica con el de la equinoccial , que llamarémos simplemente la oblicuidad , y es de unos 23° y 28'.

194 Conocido pues el arco de eclíptica *At'* , comprehendido entre el Sol y el punto equinoccial (que es igual á la distancia *L T* que hay del punto *T* en que se ve la Tierra desde el Sol al punto equinoccial opuesto) se hallará fácilmente la declinacion , diciendo (*Esf. art.* 190 caso 2 °) Radio á seno de oblicuidad , como seno del arco de eclíptica comprehendido entre el Sol y el punto equinoccial , al seno de la declinacion.

195. En esta analogía son constantes los dos términos primeros , y por consiguiente , el seno de la declinacion será proporcional al seno del arco de eclíptica comprehendido entre el Sol y el punto equinoccial. Luego el Sol tendrá la mayor declinacion quando la Tierra se halle en uno de los puntos solsticiales *v* ó *i* , en cuyo caso , se verá el Sol en el punto solsticial opuesto.

Alternando para este caso la analogía , se dirá , Radio á seno de 90° , como seno de oblicuidad á seno de declinacion , que re-

Digitized by Google

sultará igual á la oblicuidad ; por ser el seno de 90° igual al radio.

196. Esto manifiesta , que la máxima declinacion del Sol , y la oblicuidad de la eclíptica , son una misma cosa. Será pues de 23° y 28′ la máxima declinacion del Sol.

Establecido esto , los fenómenos relativos á las estaciones y zonas se explican sobre la fig. 14.ª como sigue.

197 El dia 20 de Marzo (con corta diferencia) se halla la Tierra en el punto equinoccial *l* , que corresponde al primer punto de Libra *L* , y por consiguiente el Sol *s* se verá en el primer punto de Aries *A* , y empezará la estacion que llamamos *Primavera*.

1.° Dicho dia se ve el Sol en el plano mismo de la equinoccial , y por lo establecido (*Art.* 162) para todos los habitantes de la Tierra serán los dias iguales á las noches.

2.° Los habitantes de los polos tendrán al Sol en el horizonte racional.

3.° Los del equador lo verán pasar sobre su cabeza.

4.° Al ser medio dia , los habitantes del emisferio del norte verán al Sol hácia el sur , y los del emisferio del sur lo verán hácia el norte : y sus sombras se dirigirán á partes opuestas.

5.° Al dia siguiente se hallará la Tierra en *t* (al sur de la equinoccial celeste *eAqLe*) el Sol se verá en *t′* , al norte de la equinoccial ; y su declinacion $t'sn = Tsm = t'n = Tm$, será de unos 22′. Luego , por lo dicho (*Art.* 164) los habitantes que distan ménos de 22′ del polo del norte , tendrán un dia continuo ; y los que distan igual cantidad del polo del sur , tendrán una contínua noche.

6.° Los habitantes del paralelo del norte que dista 22′ de la equinoccial , verán pasar al Sol sobre su cabeza.

7.° Los dias serán en adelante mayores que las noches para todos los que habitan en el emisferio boreal ; y las noches serán mayores que los dias para los habitantes del emisferio austral.

8.° Al paso que la Tierra vaya caminando por su órbita , irán creciendo las diferencias de los dias y las noches; aumentará el número de los habitantes del norte que no tienen noche , y el de los habitantes del sur que no tienen dia. El Sol pasará cada dia por encima de la cabeza de los habitantes de un paralelo mas separado de la equinoccial.

Digitized by Google

198 El 21 de Junio llega la Tierra al punto solsticial *i*, que corresponde al primer punto de Capricornio *I*, y por consiguiente se verá el Sol en el primer punto de Cáncer *V*, y empezará la estacion que llamamos *Verano* ó *Estío*.

1. Dicho dia, la declinacion del Sol será la máxima $= 23° + 28'$, y lo verán pasar sobre su cabeza los habitantes de un paralelo que dista 23° y 28′ de la equinoccial por el lado del norte. Dicho paralelo se llama *trópico de Cáncer*; y otro paralelo que se halla á la misma distancia de la equinoccial por el lado del sur, se llama *trópico de Capricornio*.

2.° Los habitantes situados entre el polo del norte y el paralelo distante de él 23° y 28′, tendrán un dia sin noche, y dicho paralelo se llama *círculo polar ártico*.

3.° Los habitantes situados entre el polo del sur y el paralelo distante de él 23° y 28′, tendrán una noche sin dia; y dicho paralelo se llama *círculo polar antártico*.

4.° Dicho dia 21 de Junio será el mayor para todos los habitantes del emisferio del norte, y el menor para los del sur.

5.° Mientras que la Tierra describa el quadrante *ia* de su órbita, irán disminuyendo las diferencias entre los dias y las noches; y los habitantes de la zona comprehendida entre el trópico de Cáncer y la equinoccial, volverán á ver pasar al Sol sobre su cabeza.

199 El 23 de Setiembre llega la Tierra al punto equinoccial *a*, que corresponde al primer punto de Aries. El Sol se verá en el primer punto de Libra *L*, y empezará la estacion que llamamos *Otoño*.

1.° Dicho dia 23 de Setiembre será igual á la noche, y se verificarán los mismos fenómenos que el 20 de Marzo (*Art.* 197 *núm.* 1.°, 2.°, 3.° *y* 4.°).

2.° Al dia siguiente se hallará la Tierra en *o*, y el Sol se verá en *T*, con unos 22′ de declinacion sur. Verán pues pasar al Sol sobre su cabeza los habitantes del paralelo que dista 22′ del equador por el lado del sur; tendrán un dia contínuo los habitantes que distan ménos de 22′ del polo del sur: y los que distan igual cantidad del polo del norte, tendrán una continua noche.

3.° Empezarán á ser los dias mayores que las noches para todos los habitantes del emisferio del sur; y las noches mayores que los dias para los del norte.

Digitized by Google

4.° Dichas diferencias aumentarán al paso que la Tierra va describiendo el quadrante *av*.

200. El 21 de Diciembre llega la Tierra al punto solsticial *v*, que corresponde al primer punto de Cáncer. El Sol se verá en el primer punto de Capricornio *I*, y empezará la estacion que llamamos *Invierno*.

1.° Los habitantes del trópico de Capricornio verán pasar al Sol sobre su cabeza; los que habitan entre el círculo polar antártico y el polo del sur tendrán un dia contínuo; y los que viven entre el círculo polar ártico y el polo del norte, tendrán una contínua noche.

2.° Dicho dia 21 de Diciembre será el mayor del año para todos los habitantes del emisferio del sur, y el menor para los del norte.

3.° En adelante, la declinacion del Sol irá disminuyendo, y con esto disminuirán las diferencias entre los dias y las noches; y el Sol volverá á pasar por encima de la cabeza de los que habitan entre el trópico de Capricornio y el equador; hasta que la Tierra volverá á *l* al cabo de un año, y empezará otra vez la Primavera, &c.

201. Como al paso que la Tierra gira, se va acercando ó alejando de la equinoccial el polo del círculo de iluminacion del centro del Sol, dicho polo describirá entre trópico y trópico una espiral, y solo los habitantes situados en dicha línea curva verán pasar el centro del Sol sobre su cabeza. Los demas, si hoy v. g. lo ven hácia el sur de su zenit, mañana lo verán hácia el norte.

202. Pero como el Sol es grande, el polo del círculo de iluminacion de sus rayos centrales dista por todos lados unos 16′ de los polos de los círculos de iluminacion de los rayos que salen de sus limbos. Segun esto, todos los polos de los círculos de iluminacion del Sol, describirán sobre la superficie de la Tierra una faxa espiral del ancho de unos 32′; y parte de la faxa que describen hoy cae sobre la que describiéron hayer; porque las variaciones de declinacion de un dia á otro no pasan de 23′ quando mas, y son muchísimo menores en las inmediaciones de los trópicos.

Luego no solo verán algun punto del Sol sobre su cabeza todos los que habitan entre los trópicos, si que muchos de ellos verán pasar por encima de su cabeza varios puntos de dicho astro (y por consiguiente no harán sombra) durante dos ó mas dias seguidos. V. g. por quanto las variaciones diarias de declinacion no llegan á 16′ quando la declinacion del Sol es de 18°, el habitante que se halle con corta diferencia en dicha latitud, y vea hoy sobre su cabeza el limbo septentrional del Sol, mañana verá el centro, y pasado mañana el limbo meridional, y por lo tanto, la sombra de su cabeza caerá entre sus pies duran-

Digitized by Google

te tres dias consecutivos, y se verá iluminado hasta el fondo un pozo vertical, por profundo que sea, en el instante de ser medio dia.

203 El espacio de la Tierra comprehendido entre los trópicos se llama *zona tórrida*.

El comprehendido entre el círculo polar ártico y el polo norte, se llama *zona fria septentrional*: y el comprehendido entre el círculo polar antártico y el polo del sur, se llama *zona fria meridional*.

Los espacios comprehendidos entre cada trópico y su respectivo círculo polar, se llaman *zonas templadas*, *septentrional* la que está en el emisferio del norte, y *meridional* la que está en el del sur.

204 Será pues el ancho de la zona tórrida poco ménos de 47°. El de cada una de las templadas poco mas de 43°. La distancia de cada una de las frias á su polo respectivo, será de cerca de 23° y $\frac{1}{2}$.

205 Poco ántes de los 23° y $\frac{1}{2}$ de latitud, se termina la zona tórrida por uno y otro lado, y empiezan las templadas. Estas se terminan poco despues de los 66° y $\frac{1}{2}$, que es la latitud en que empiezan las frias, que se terminan en los polos.

206 Los habitantes de la zona tórrida ven pasar al Sol sobre su cabeza dos veces al año: y dicho astro distará siempre ménos de 23° y $\frac{1}{2}$ de su zenit al pasar por el meridiano.

Dichos habitantes, en el momento de media dia, unas veces verán al Sol hácia el lado del norte, y otras hácia el del sur: y por lo tanto, mirando á dicho astro á medio dia, unas veces tendrán el oriente á su derecha y otras á su izquierda.

207 Los habitantes de las otras zonas, al ser medio dia tendrán siempre el Sol hácia el emisferio opuesto; y á igual declinacion, lo verán tanto mas distante de su zenit quanto mayores sean sus latitudes.

208 Los habitantes de la zona templada y fria septentrionales, si miran al Sol á medio dia lo verán hácia el sur; y por lo tanto siempre tendrán el oriente á su izquierda, y á su derecha el occidente.

Para dichos habitantes, el Sol se va acercando al zenit (y aumentan los dias) desde que entra en el primer punto de Capricornio hasta que llega al primer punto de

Digitized by Google

Cáncer : y se aleja (y disminuyen los dias) mientras describe el semicírculo opuesto.

209. Lo contrario les sucede á los habitantes de las zonas templada y fria meridionales , que mirando hácia el Sol á medio dia lo ven hácia el norte , y por lo tanto, tienen el oriente á su derecha , y á su izquierda el occidente.

El Sol se acerca á su zenit (y aumentan los dias) desde que entra en el primer punto de Cáncer hasta que llega al primer punto de Capricornio : y el Sol se aleja de su zenit (y disminuyen los dias) desde que entra en el primer punto de Capricornio hasta que llega al primer punto de Cáncer.

210. Como la Astronomía ha florecido principalmente en el emisferio del norte , se ha dado el nombre de *signos ascendentes* , á aquellos en que se ve el Sol quando se va acercando al zenit de los habitantes de las zonas septentrionales ; y los demas se llaman *signos descendentes.*

Serán pues , Capricornio , Aquario , Piscis , Aries, Tauro , y Géminis , los seis signos ascendentes : y los seis restantes , Cáncer , Léo , Virgo , Libra , Escórpio, y Sagitário , serán los signos descendentes.

211. Si *se* , *ao* , &c. (*fig.* 15.ª) representan los rayos solares (sensiblemente paralelos) está claro , que el número de dichos rayos que caen sobre el plano oblicuo *me* , ó sobre la superficie irregular *mutze* que se termina en él , es igual al de los que atraviesan el plano perpendicular *mb*. Pero la analogía (*Geom.* 290) *R* : *sen. bem* : : *me* : *bm* , manifiesta que quedando *me* constante disminuye *bm* en la misma razon en que disminuye el seno del ángulo *bem* , que forman los rayos con el plano : luego es evidente que al paso que los rayos solares forman ángulos mas oblicuos con un plano , es menor el número de los que caen sobre dicho plano , ó sobre la superficie irregular que se termina en él.

Una porcion de superficie de la Tierra de algunas leguas al rededor de un habitante , viene á ser una superficie irregular terminada en el plano de un círculo menor , en cuyo polo está el habitante. El ángulo que los rayos solares forman con el plano de dicho círculo menor es complemento del que forman con su exe , que es la línea vertical. Luego

212. El número de los rayos solares que caen sobre una porcion de superficie terrestre cuyo centro es el habitante, disminuye al paso que aumenta el ángulo que dichos rayos forman con su línea vertical ; ó lo que es lo mismo , al paso que aumenta la distancia del polo del cír-

Digitized by Google

culo de iluminacion al habitante, ó la del Sol á su zenit.

213. De esto y lo dicho (*Art.* 206 *y* 207) se sigue que en iguales espacios será mayor el número de los rayos solares (ó por mejor decir el número de partículas de luz ó de calórico) que caerán en la zona tórrida, que el número de los que caerán en las templadas; y será muchísimo menor el número de los que caerán en las zonas frias.

La Tierra es el receptáculo donde se acopia el calórico: y así no es extraño el que el calor sensible (que resulta de la abundancia de dicho flúido) sea excesivo en la zona tórrida, debilísimo en las frias, y moderado en las templadas.

214. La diminucion de los ángulos que forman los rayos solares con la vertical, es tambien la causa de los calores que se experimentan durante el estío en la Europa, y en los demás payses del norte; y el aumento de dichos ángulos, es la causa de los frios del invierno, porque el frio no es mas que la diminucion del calor.

Tambien influyen mucho en dichos fenómenos, la mayor duracion de los dias del estío y las largas noches del invierno.

215. De lo dicho se sigue, que si por estío entendemos en general la estacion de los calores y de los dias mas largos, y por invierno la estacion de los frios y dias cortos, quando es estio para los habitantes del emisferio septentrional, es invierno para los del emisferio meridional; y al contrario, quando sea para los primeros invierno, será estío para los segundos.

216. Todos los dias se nota el efecto sensible de la menor oblicuidad de los rayos solares, en el aumento de calor que se experimenta poco despues de medio dia.

217. Conviene advertir que el calor se hace mas sensible quando ya ha disminuido la causa primitiva que lo produce: esto es, la menor oblicuidad de los rayos del Sol. El mayor calor diario se experimenta despues de las dos; y los mayores calores del estío, quando el Sol se halla en 15 ó mas grados de Léo, y no quando entra en Cáncer, &c.

218. El dar razon de esto, y de los demas fenómenos relativos al calor, es sumamente interesante: pero pide muchos conocimientos de Matemática, Física, y Chímica, cuya discusion nos distraeria mucho del objeto que nos hemos propuesto en este tratado: y así, nos contentarémas con advertir, que en los lugares mas ele-

Digitized by Google

vados (circuidos de un ayre mas sutil y mas distantes del receptáculo del calórico) hace á proporcion mas frio. En el Reyno del Perú, en el centro de la zona tórrida, hay montes altísimos cubiertos de nieve todo el año.

219. De lo dicho sobre la mas y ménos duracion de los dias segun las estaciones, se deduce con facilidad, que para que se verifique el caso que se apuntó (*Art.* 188) basta que en la navegacion de Cádiz á Lima, ó á otro parage del emisferio del sur, se atraviese la equinoccial el 23 de Setiembre: y si el mismo navegante, á su vuelta atraviesa la equinoccial el 21 de Marzo del año siguiente, tendrá durante dos años consecutivos todos los dias mayores que las noches. Sin exceptuar los dos dias en que cruzó la equinoccial, si se supone que durante el dia navegó alguna cosa hácia poniente, ó durante la noche hácia levante. (Véase lo dicho en el art. 141 y siguientes.)

220. Algunos Geógrafos suponen la Tierra dividida en varias faxas, de las quales la primera está comprehendida entre la equinoccial y el paralelo cuyos habitantes tienen el dia mayor de 12 $\frac{1}{4}$ horas. La segunda entre este último paralelo y el de los habitantes que tienen el dia mayor de 13 horas; y así sucesivamente de media en media hora, hasta llegar por ambos lados á los círculos polares, para cuyos habitantes es el dia mayor del año de 24 horas. La faxa siguiente está comprehendida entre los círculos polares y los paralelos cuyos habitantes ven al Sol durante un mes: y así sucesivamente de mes en mes hasta los polos, cuyos habitantes (si los hay) verán al Sol durante seis meses seguidos. A dichas faxas llaman *climas*.

Los antiguos no contaban los climas desde el equador, sino desde el paralelo en donde el mayor dia del año es de 12 $\frac{3}{4}$ horas, de media en media hora: de suerte que sus climas se terminaban, digamoslo así, $\frac{3}{4}$ de hora mas hácia el polo, y su division no llegaba á los círculos polares.

En el dia no se hace uso de estas divisiones, la palabra *clima* se toma como sinónima de *temperamento*, y las posiciones de los lugares se determinan por su latitud, y longitud. Despues verémos con quanta facilidad se puede determinar la duracion de qualquier dia del año, en un lugar cuya latitud sea conocida.

221. Para representar los fenómenos expresados (*Art.* 197 *á* 210; *y en muchos de los artículos que siguen al* 139) al poco mas ó ménos, en una esfera de unas dos pulgadas de diámetro se figurarán los polos, equinoccial, trópicos, círculos polares, y algunos meridianos, como en la fig. 10.ª: teniendo presente para esto lo dicho (*Art.* 198 *num.* 1.º, 2.º, y 3.º.)

1.º En las intersecciones de los meridianos con la equinoccial y paralelos expresados, y en otros puntos intermedios de dichos meridianos, se fixarán algunos palitos, de una línea de alto, que sean prolongaciones de los radios que se terminan en dichos puntos.

2.º En un círculo (fig. 14.ª) *zbgdz*, de uno ó mas pies de radio, se trazarán los dos diámetros perpendiculares *zg*, *bd*; y se

Digitized by Google

sugetará dicho círculo, de suerte que quedando el diámetro *zg* horizontal, su perpendicular *bd* forme con la horizontal *bf* el ángulo *dbf* de 23° y $\frac{1}{2}$.

3.° Esto se puede conseguir de varios modos V.g. hallando el valor de la horizontal *bf*, en centésimos de *bd*, por la analogía *R*: *cos* (23° + 30′) :: 100: *x* = 92: y mucho mejor determinando la longitud de la vertical *df*, diciendo *R*: *sen.* (23° + 30′) :: 100: *x* = 40.

4.° Se colocará una luz, de una pulgada ó mas de diámetro, en qualquier punto *s* de la vertical baxada del centro *c*; y lo mejor es que el diámetro de la luz sea poco mayor que el de la esfera.

5.° A la esfera de la fig. 10.ª se le sugetará un arambre en el polo del norte *n*; se tomará dicho arambre en la mano, y (dexándole la libertad necesaria para que se coloque segun la vertical) se situará de suerte que pase por *z* (fig. 14.ª): y se elevará ó baxará la mano, hasta que el círculo de iluminacion de la bola pase por los polos norte y sur, con corta diferencia.

6.° Se hará una señal en el punto del arambre que toca al círculo en *z* quando se verifica dicha circunstancia.

222. Hecho esto, se hará girar el arambre entre los dedos (en el sentido expresado en el artículo 45) y se llevará al mismo tiempo con la mano al rededor del círculo *zbgdz* de suerte que la señal del arambre toque siempre la circunferencia de dicho círculo.

1.° La esfera expresada representa la Tierra. El círculo que su centro describe en el ayre es su órbita. El plano horizontal es el del equador. El arambre es el exe del mundo. La luz es el Sol.

2.° Con un poco de cuidado se verá como se verifican los fenómenos indicados: atendiendo, á que las sombras de los palitos, indiçan las direcciones en que verian al Sol los habitantes colocados en los puntos correspondientes: y quando dichas sombras caygan sobre sus respectivos meridianos, será medio dia para dichos habitantes.

3.° Se tendrá presente que una hormiga es, respecto de dicho globo, muchísimo mayor que un elefante respecto del nuestro: y los palitos son, á proporcion, cerca de 100 veces mas altos que los montes mas elevados de la Tierra (*Art.* 77).

4.° Si se quiere se puede colocar la luz mas alta que el círculo *zbgdz*: y es indiferente que la esfera esté suspendida del arambre, ó apoyada en una especie de candelero, con tal que su exe se mantenga vertical, y que coresponda siempre á la circunferencia del círculo *zbgdz* el mismo punto que correspondia quando pasando dicho exe por *z* se veian iluminados los polos, con corta diferencia.

5.° Dicha circunstancia es precisa, para que el centro de la esfera describa un círculo cuyo centro coincida con el de la luz, y tenga la misma inclinacion que el círculo *zbgdz*.

6.° Si se cubre el globo con algunas gasas muy finas, no muy distantes de su cuerpo, dichas gasas representarán las capas de la atmósfera, y manifestarán, al poco mas ó ménos, lo relativo á los crepúsculos,

Digitized by Google

De la medida del tiempo.

223. Difinir el tiempo seria obscurecer la idea que todos tenemos de él: y así nos ceñirémos á advertir, que el tiempo se divide en *absoluto*, *verdadero*, ó *matemático*, y en *relativo*, *aparente*, ó *vulgar*. El primero transcurre con uniformidad por su naturaleza, no tiene relacion con los objetos exteriores, y se llama por otro nombre *duracion*. El segundo es la medida sensible (exâcta ó inexâcta) de la duracion por medio del movimiento, como el dia, el año, y sus partes, que el vulgo confunde con el verdadero tiempo.

Así se explica el profundo Isac Newton en el Escolio despues de la Definicion VIII de sus Principios Matemáticos de Filosofía Natural.

224. Para manifestar que el tiempo puede existir sin movimiento, añadirémos que los intérvalos de tiempo verdadero, que ha transcurrido entre varios acaecimientos, son proporcionales á las distancias que caminaria un cuerpo con movimiento uniforme en el intermedio de dichos acaecimientos, aunque en la realidad no haya tal cuerpo que camine: del mismo modo que se puede decir que los espacios son proporcionales á los tamaños de los cuerpos capaces de llenarlos, aunque no existan semejantes cuerpos.

225. Un *momento* ó *instante* es respecto del tiempo lo que el punto respecto del espacio.

El tiempo que mediaría entre la total cesacion de movimiento y su renovacion, sería para nosotros un momento, del mismo modo que quando nos levantamos, despues de haber estado sentados un quarto de hora, nos parece que nos hallamos en el mismo punto del espacio absoluto, y realmente nos hemos trasladado muchos millares de leguas mas allá, por el rapidísimo movimiento de la Tierra.

226. Un movimiento desigual puede servir para la medida del tiempo, siempre que se conozcan sus desigualdades, para aplicar las correcciones correspondientes. Esto es, para que conocido el movimiento verdadero se pueda averiguar el movimiento uniforme correspondiente, que es la verdadera medida del tiempo.

227. Para medida del tiempo se han inventado los reloxes, y los mejores son los de péndula que se construyen para los observatorios astronómicos, y se llaman *péndulos*. La bondad de un relox consiste en la uniformidad de su movimiento. Pero los mejores están sugetos á algunas alteraciones, que no siguen una ley determinada; y tarde ó temprano se inutilizan.

228. De esto se deduce, que para obtener una buena medida del tiempo se hace preciso examinar los movimientos de los astros, que como mas fáciles de observar en todas partes, y casi en todos tiempos, son muy propios para constituir una medida perpétua y uni-

Digitized by Google

versal. Los reloxes son excelentes para medir el tiempo en el intermedio que hay entre observacion y observacion.

229. Del movimiento del pulso puede hacerse uso para medir los intérvalos cortos de tiempo, siempre que se conozca al poco mas ó ménos la relacion que tiene dicho movimiento con el de un relox. 75 pulsaciones suelen equivaler á 60″: y en tal caso, se reducen fácilmente las pulsaciones á segundos, rebaxando $\frac{1}{5}$ de su número total. Pero en esto hay bastante diferencia segun las complexiones, edades, y estado de salud.

230. El Sol y la Luna son los dos astros mas notables, y por esta razon, todos los pueblos del universo han escogido para medidas del tiempo el movimiento aparente del primero, y el verdadero del segundo. Investigarémos las desigualdades de los movimientos aparentes del Sol, y trataremos de la Luna en el título siguiente.

231. En la fig. 14.ª se ha representado la órbita de la Tierra como una elipse, cuyo exe mayor pasa por los primeros puntos de Cáncer y Capricornio, por razon de la proyeccion de dicha curva (casi circular) vista oblicuamente (*Esf. art. 15 num. 22°*). Pero el verdadero exe mayor de la elipse que describe la Tierra, esto es, la línea de los ápsides, se termina en 9° y $\frac{1}{2}$ de Cáncer y 9° y $\frac{1}{2}$ de Capricornio, con corta diferencia.

232. La Tierra pasa por el afelio el dia primero de Julio, que es quando se ve el Sol en 9° y $\frac{1}{2}$ de Cáncer; y por el perihelio el 31 de Diciembre, que es quando se ve el Sol en 9° y $\frac{1}{2}$ de Capricornio, con corta diferencia.

233. De esto y lo dicho (*Art. 1 num. 18.°*) se sigue que quando se ve el Sol en las inmediaciones de los 9° y $\frac{1}{2}$ de Cáncer, será el movimiento verdadero de la Tierra menor que el medio: y quando el Sol se vea en las inmediaciones de los 9° y $\frac{1}{2}$ de Capricornio, será mayor.

234. Se deduce de lo establecido (*Art. 1 num. 15° y 21.°*) que

1.° Los lugares aparentes del Sol en la eclíptica están atrasados respecto de los lugares medios, desde 9° y $\frac{1}{2}$ de Cáncer hasta 9° y $\frac{1}{2}$ de Capricornio: y adelantados, desde 9° y $\frac{1}{2}$ de Capricornio hasta 9° y $\frac{1}{2}$ de Cáncer.

2.° Los lugares medio y verdadero coinciden en dichos dos puntos.

3.° Las mayores diferencias resultan en los puntos intermedios.

Por el cálculo de la equacion de la órbita (que se halla por medio de la excentricidad) resulta el mayor adelanto del lugar verdadero en 8° y $\frac{1}{2}$ de Aries, que corresponde al 29 de Marzo: y el mayor atraso en 10° y $\frac{1}{2}$ de Libra, que corresponde al 3 de Octubre.

235. A mas de estas desigualdades del movimiento aparente del Sol en la eclíptica, que se renuevan en los mismos términos á cada revolucion ánua de la Tierra respecto del afelio, hay otras ménos sensibles, que no

Digitized by Google

son las mismas en cada revolucion, y dimanan de las atracciones de los Planetas sobre la masa de la Tierra.

236. El movimiento verdadero de la Tierra segun la equinoccial celeste, ó lo que es lo mismo, el movimiento aparente del Sol segun la circunferencia de dicho círculo, está sugeto á mayores alteraciones.

1.° La figura 14.ª manifiesta, que á la diferencia de longitud *At'* corresponde la diferencia de ascension recta *An*, que es menor, si *At'* es agudo, como se deduce de la analogía (*Esf. art.* 190 *caso* 3.°) *R* : *cos. oblicuidad* : : *tan. At'* : *tan. An*; y así entre Aries y Cáncer, los lugares del Sol referido á la equinoccial estarán atrasados respecto á sus lugares en la eclíptica.

2.° Por ser *AV* quadrante lo será tambien *Aq* (*Esf. art.* 136); y así, los arcos caminados segun la eclíptica y equinoccial, serán iguales quando se vea el Sol en Cáncer, y por lo tanto volverán á coincidir los lugares aparentes del Sol en ambos círculos, del mismo modo que coincidian quando se veia el Sol en el primer punto de Aries *A*.

3.° Mientras se traslada la Tierra de *i* á *a*, el Sol aparentemente pasa de *V* á *L* (esto es de Cáncer á Libra) y los lugares del Sol, referido á la equinoccial, estarán adelantados á los del mismo astro en la eclíptica, como lo manifiesta la analogía (*Esf. art.* 190 *caso* 3.°) *R* : *cos. oblicuidad* : : *tan. Ak* : *tan. Al* (*fig.* 14ª) teniendo presente que los arcos son obtusos, y por lo tanto, corresponde á menor tangente mayor arco.

4.° En Libra volverán á coincidir los dos lugares. Entre Libra y Capricornio estará el lugar en la equinoccial atrasado al de la eclíptica. En Capricornio coincidirán los dos lugares. Entre Capricornio y Aries estarán adelantados los lugares en la equinoccial; y en Aries volverán á coincidir.

De esto y lo dicho (*Art.* 234 *y* 235) se sigue que

237. Los lugares medios de la Tierra, referida á la equinoccial celeste, no coinciden con sus lugares verdaderos en dicho círculo, ni en los primeros puntos de Aries, Cáncer, Libra, y Capricornio (como sucederia si fuese igual el movimiento de la Tierra segun la eclíptica, *art.* 236 *núm.* 2.° y 4.°) ni en los 9° y $\frac{1}{2}$ de Cáncer y Capricornio (como sucederia si los arcos de equador fuesen iguales á sus correspondientes de la eclíptica, *art.* 234 *num.* 2.°)

La coincidencia de los lugares verdaderos con los medios de la Tierra, referida á la equinoccial celeste, se verificará en quatro puntos de dicho círculo, desigualmente distantes entre sí.

238. El movimiento de traslacion de la Tierra no sirve para medir los intérvalos cortos de tiempo; tanto por las desigualdades enunciadas, como por lo poco sensibles que son sus efectos aparentes: esto es, los movimientos del Sol en longitud y en ascension recta.

239. El movimiento giratorio de la Tierra es el mas

Digitized by Google

propio de todos para el objeto de que se trata.

En efecto, girando la Tierra en virtud de un impulso, que no se renueva, y manteniendose sus partículas á las mismas distancias del centro, su rotacion debe ser uniforme: y como todas las secciones hechas por su exe la dividen en dos mitades semejantes (*Art.* 74) (con despreciable diferencia) las atracciones de los Planetas actuarán del mismo modo sobre dichas mitades, y no podrán perturbar la uniformidad del movimiento giratorio. De estas consideraciones se deduce que el movimiento de rotacion de la Tierra es uniforme, y amas es sensibilísimo su efecto, que es el rápido movimiento, con que toda la esfera celeste nos parece que da una vuelta al rededor de nosotros, á cada revolucion completa de la Tierra (*Art.* 183).

240. La unidad fundamental de tiempo que llamamos *dia*, resulta del expresado movimiento giratorio.

241. Los Astrónomos distinguen tres especies de dias, amas del artificial (*Art.* 176): y á cada uno de ellos lo dividen en 24 horas, &c. (*Arit. art.* 215 *núm.* 2.°).

1.° El *dia natural*, ó 24 *horas de tiempo aparente*, que es el tiempo que media entre dos pasos sucesivos del Sol por un mismo meridiano. Muchos suelen dar á este dia el nombre de *dia verdadero.*

2.° El *dia medio*, ó 24 *horas de tiempo medio*, ó *de tiempo uniforme*, que es el tiempo que mediaria entre dos pasos sucesivos del Sol por un mismo meridiano, si el movimiento diario de traslacion de la Tierra segun la equinoccial celeste fuese el movimiento medio (*Art.* 1 *núm.* 17.°).

3.° El *dia sidéreo*, ó 24 *horas de tiempo sidéreo*, que es el tiempo que media entre dos pasos sucesivos de una Estrella fixa por un mismo meridiano.

242. Para la mejor inteligencia de esto se explicará la fig. 16ª.

1.° En dicha figura, *s* representará al Sol y *actuza* el plano de la equinoccial celeste, que pasa por su centro, y es el plano de proyeccion de la figura. Los círculos *MDFNM*, *mdfnm*, *&c.* son las proyecciones ortográficas de la equinoccial terrestre en diferentes posiciones de la Tierra; de suerte que en la primera posicion el exe de la Tierra atraviesa el plano del papel perpendicularmente en *a*, y *aM* es la comun seccion del plano de un meridiano con la equinoccial celeste. En la segunda pasa el exe de la Tierra por *c*, y *cm* representa la comun seccion del mismo meridiano con la equinoccial; &c.

2.° Por lo demostrado (*Esf. art.* 42 y 44) los ángulos que forman los meridianos terrestres entre sí ó con qualquier plano fixo que pase por el exe del mundo, son iguales á los rectilíneos formados por las comunes secciones de sus planos con el de la equinoccial celeste ó terrestre.

Digitized by Google

3.º Establecido esto, quando el exe del mundo atraviesa á la equinoccial celeste en *a*, y la línea *aM* pasa por el Sol *s*, será medio dia para todos los habitantes del meridiano *aM*.

4.º Al dia siguiente se habrá trasladado el exe de la Tierra á *c*: y quando (por haber dado la Tierra una vuelta cabal) se coloque el meridiano *cm* paralelo á su primitiva situacion *aM*, el Sol *s* no se hallará en el plano de dicho meridiano, y por lo tanto no será medio dia para dichos habitantes. Segun esto, para que vuelva á ser medio dia para los habitantes del meridiano *cm*, esto es, para que se cumpla el dia natural, no basta que la Tierra dé una vuelta, y es menester que amas describa el arquito adicional *mo* con su movimiento giratorio.

5.º Por razon de las paralelas *aMs*, *cm*, es *mcs* = *asc*, que es igual al movimiento de traslacion de la Tierra segun la equinoccial celeste (*ac*), ó lo que es lo mismo, al movimiento aparente del Sol segun dicho círculo (*ul*). Segun esto

243. Se puede decir que el dia natural, ó 24 horas de tiempo aparente, es el tiempo que emplea la Tierra en dar una vuelta completa sobre su exe y describir amas un arco igual á su movimiento de traslacion segun la equinoccial celeste.

244. El movimiento *ac* de la Tierra segun la equinoccial celeste no es uniforme (*Art.* 236), y por consiguiente, el arco adicional que ha de describir la Tierra para que se termine el dia natural, será unas veces mayor y otras menor que el medio (*Art.* 1 *núm.* 17.º) y los dias naturales serán unas veces mas largos y otras mas cortos.

245. Esto dió motivo al establecimiento del dia medio. Para tener una idea exacta del dia medio, es preciso determinar el movimiento diario medio de la Tierra segun la equinoccial celeste. Esto se executa partiendo 360º (que es el movimiento de la Tierra segun la equinoccial celeste en un año sidéreo) por los 365 dias, 6 horas y 9′ (que tiene el año sidéreo, *artículo* 72) reducidos á dias, que son 365′256 dias, y resultará por quociente 0º′98561c = 59′ + 8″′2. Este será pues el valor del arco adicional que ha de describir la Tierra, despues de terminada cada revolucion, para que se termine el dia medio: y por lotanto

246. Se puede decir que el dia medio, 24 horas de tiempo medio, ó 24 horas de tiempo uniforme, es el tiempo que emplea la Tierra en dar una vuelta y describir amas un arco de 59′ . . . 8″ ′2.

De esto y lo dicho (*Art.* 243) se sigue que quando el movimiento de traslacion de la Tierra segun la equinoccial celeste sea mayor que 59′ . . . 8″ ′2, el dia natural será mas largo que el dia medio, y será mas corto quando dicho movimiento sea menor.

Digitized by Google

247. El *tiempo aparente* (que los mas llaman *tiempo verdadero*) es el que resulta de contar por dias, horas, &c. naturales: y el *tiempo medio*, es el que resulta de contar por dias, horas, &c. medios: y así, para reducir el tiempo aparente á tiempo medio, hay que aplicarle una correccion aditiva ó subtractiva, que pende de la diferencia que hay entre los lugares verdaderos y los lugares medios de la Tierra en la equinoccial celeste. Dicha correccion se llama la *equacion del tiempo*, y resulta de la distancia de la Tierra al afelio (*Art.* 236) y de su distancia á los puntos equinocciales ó solsticiales (*Art.* 237).

1.° La equacion del tiempo es cero quatro veces en un año (*Art.* 237).

2.° La mayor equacion aditiva es de 14′... 38″ en 10 de Febrero; y la mayor subtractiva de 16′... 16″ en 2 de Noviembre.

3.° La mayor diferencia diaria por defecto es de 21″ en 19 de Setiembre; y la mayor por exceso es de 30″ en 22 de Diciembre.

4.° Los excelentes péndulos y reloxes marinos que se construyen en el dia comprueban la bondad de estas correcciones, y su uso se enseñará en la Navegacion.

248. Si al pasar el exe de la tierra por *a* (fig. 16.ª) se halla en el meridiano *a M* la Estrella *E*, quando el exe de la Tierra se haya trasladado á *c*, y (por haber dado la Tierra una vuelta completa) se coloque el meridiano *cm* paralelo á su posicion primitiva *aM*, en todo rigor no corresponderá la Estrella *E* á dicho meridiano; y para que corresponda, será menester que la Tierra gire ántes el arquito adicional *me*. Pero *me* es medida de *mcE*, que es igual á su alterno *cEs* (*Geom. art.* 93); y *cEs* (paralaxe del orbe ánuo) es absolutamente inperceptible (*Art.* 65 *y sig.*): luego será obsolutamente inperceptible el arco adicional que ha de describir la Tierra para que se termine el dia sidéreo. Tambien son muy despreciables las diferencias que resultan de las causas indicadas (*Art.* 73 *núm.* 2.°, 3.°, *y* 4.°): y por lo tanto ...

249. Se puede decir que el dia sidéreo es el tiempo que emplea la Tierra en cada revolucion.

250. Como la Tierra siempre tiene algun movimiento de traslacion muy sensible segun la equinoccial celeste, los dias natural y medio serán siempre mas largos que el dia sidéreo (*Art.* 243 *y* 246): y por lo tanto, el tiempo sidéreo se irá anticipando al aparente y al medio, hasta que al cabo de un año se anticipa un dia cabal, y vuelve á coincidir en la misma hora.

Digitized by Google

251. Para explicar esto en la fig. 16.ª, basta advertir que si la Estrella *E* pasa por el meridiano juntamente con el Sol *s* quando el exe de la Tierra atraviesa á la equinoccial celeste en *a*, quando la atrayiese en *c*, y la Estrella se halle en el mismo meridiano *tm'*, el Sol se hallará en el meridiano *td'*, que forma ángulos rectos con *tm'* (por ser *tm'* y *aM* paralelas, *artículo* 65) y así, faltarán 6 horas para que se termine el dia natural. Al hallarse el exe de la Tierra en *u*, la Estrella *E* pasará por el meridiano superior *um''* quando el Sol *s* se halla todavia en el inferior *uf''*: y por lo tanto, entre el paso de la Estrella fixa y el del Sol por el mismo meridiano mediarán 12 horas. Por el mismo estilo se ve que al hallarse el exe de la Tierra en *z*, mediarán 18 horas entre el paso de la Estrella *E* y el Sol *s* por el mismo meridiano *zM'*, y al restituirse el exe de la Tierra á *a*, la Estrella fixa *E* volverá á hallarse en el meridiano *aM* juntamente con el Sol *s*, despues de haber pasado por el meridiano una vez mas. De suerte que el tiempo sidéreo, al cabo de un año sidéreo, se anticipa en un dia cabal á los tiempos medio y aparente.

252. Como 360° de movimento giratorio corresponden á un dia sidéreo (*Art.* 249.) y 360°... 59'... 8'' '2 corresponden á un dia medio (*Art.* 246.) es evidente, que para hallar el exceso del dia medio sobre el sidéreo en tiempo medio, se deberá determinar el que emplea la Tierra en describir un arco de 59' + 8'' '2 con su movimiento diario, diciendo 360 + 59' + 8'' '2 : 24 :: 59' + 8'' '2 : *x*, ó mejor (*Art.* 245) 360° '985610 : 24 :: 0° '985610 : *x* = 0' c65526 horas = 3' + 56''.

253. Será pues el dia sidéreo constantemente menor que el medio en 3'+56'' de tiempo medio; y por lo tanto, constará el dia sidéreo de 23 horas 56' y 4'' de tiempo medio.

El exceso diario del dia medio sobre el sidéreo, 3' y 56'', se llama la *acceleracion media* de las Estrellas fixas, y los excesos de los dias naturales sobre los sidéreos manifiestan las *acceleraciones verdaderas*: esto es, las cantidades en que las Estrellas fixas anticipan su paso por el meridiano de un dia á otro. Es evidente que la acceleracion verdadera es desigual.

254. El conocimiento de la acceleracion media es sumamente interesante, para averiguar el movimiento de los reloxes por los apulsos de una Estrella fixa á un hilo, ó á otro qualquier cuerpo, como se enseñará en la Navegacion.

255. Para los cálculos aproximados se puede suponer la acceleracion media de 4', que corresponde á 1' en 6 horas; 10'' en cada hora, y 1'' en cada 6' de hora: esto es, en cada décimo de hora. Su diferencia con la acceleracion verdadera puede llegar á 30'' en Diciembre (*Art.* 247 *núm.* 3.°).

256. De lo dicho se deduce que todas las Estrellas pa-

Digitized by Google

sarán una vez al año por el meridiano superior en las inmediaciones de mediodia, y otra vez en las inmediaciones de media noche, &c. I lo mismo se entiende de sus pasos por el meridiano inferior; y por las circunferencias oriental y occidental del horizonte, si la Estrella es de las que nacen y se ponen respecto al observador de que se trata (*Art.* 168 *núm.* 4.°).

257. Para medir los intérvalos de tiempo muy largos es mas propia lo unidad fundamental que llamamos simplemente año ó año solar.

Los Astrónomos distinguen tres especies de años (amas del civil de que se tratará despues) es á saber.

1.° El *anomalístico*, que es el tiempo que pasa desde que la Tierra sale del afelio hasta que vuelve á él.

2.° El *sidéreo*, que es el tiempo que emplea la Tierra en dar una vuelta cabal al rededor del Sol: esto es, el tiempo que pasa entre dos conjunciones de una misma Estrella fixa.

3.° El trópico, que es el tiempo que pasa desde que la Tierra sale de uno de los puntos equinocciales hasta que vuelve á él.

258. El año anomalístico es el mayor de todos, porque el afélio camina unos 15″ ‘ 2 cada año: y así, concluido el año sidéreo debe caminar la Tierra 15″ ‘ 2 paraque se termine el anomalístico.

259. Al principio de todos los años anomalísticos es cero la equacion de la órbita (*Art.* 1 *num.* 21.°): y por lo tanto, en dichos años no hay mas desigualdades que las que resultan de las atracciones de los Planetas sobre la Tierra, que influyen poquísimo en su duracion. Pero como es imposible el determinar con exactitud el instante en que se halla la Tierra en el afélio, se hace poquísimo uso del año anomalístico, que consta de 365 dias 6 horas, 15′ y 25″.

260. Al principio de cada año sidéreo es diferente la anomália; y por lo tanto, es diferente la equacion de la órbita. Por esta razon, y por lo dicho (*Art.* 73 *num.* 4.°) son algo desiguales los años sidéreos.

261. Comparando el lugar aparente del Sol en la eclíptica con el de una Estrella fixa, se determina que el año sidéreo contiene 365 dias, 6 horas, 9′ y 24″.

262. Al principio de cada año trópico es diferente la anomália, tanto por los 15″ ‘ 2 que se adelanta el afèlio respeto de las Estrellas fixas, como por los 50″ ‘ 3 que se atrasan los puntos equinocciales respecto de las mismas (*Art.* 71). Será pues diferente la equacion de la órbita (*Art.* 1 *num.* 20.°) al principio de cada año trópico; y por consigiente, serán desiguales dichos años.

Digitized by Google

263. Por dichas razones será tambien distinta la duracion del año trópico, segun se cuente desde Aries, Cáncer, Libra, ó Capricornio: puesto que en dichos puntos es diferente la anomália; y por lo tanto, no corresponden á iguales diferencias en las anomálias iguales diferencias en las equaciones de la órbita.

264. El año trópico es el mas interesante y mas usado; porque al cabo de cada año trópico vuelven las estaciones en el mismo órden (*Art.* 197 á 201). Observando los pasos del Sol por la equinoccial se determina la duracion de dicho año, que consta de 365 dias, 5 horas, 48′ y 50″.

265. En las determinaciones de los años cabe la incertidumbre de mas de 10″ de tiempo, que corresponden á ménos de $\frac{1}{2}$″ de movimiento aparente del Sol segun la eclíptica.

De la Luna.

266. Para la explicacion de los fenómenos que resultan del movimiento de la ☾ nos valdrémos de la misma figura 16.ª, con la diferencia de que ahora el círculo *acza* (que está en el plano de proyeccion) representa la órbita de la Tierra. Los círculos *MDFNM*, *mdfnm*, &c. representan la órbita de la Luna en sus diferentes posiciones: de suerte que *DN*, *dn*, &c. es la línea de los nodos, (que se mantiene paralela á sí misma con corta diferencia) y la parte *NMD* se debe considerar elevada, y la *NFD* depresa, respecto del plano de la eclíptica (que es el del papel) formando con él un ángulo de unos 5°. En las demas posiciones *c*, *t*, &c. se han representado las partes elevada y depresa con las mismas letras que en la primera posicion *a*.

El círculo menor, concéntrico á la órbita de la Luna, representa la Tierra en sus diferentes lugares. Los círculitos *M*, *D*, &c. representan la Luna en los diferentes puntos de su órbita: y para la primera explicacion prescindirémos del movimiento de la Tierra.

267. Esto supuesto, al tiempo de la conjuncion se halla la Luna en *M*. Su emisferio iluminado mira hácia el Sol *s* y el obscuro hácia la Tierra *a*. Por esto, y por el mucho brillo del Sol, no se puede ver la Luna quando se halla muy inmediata á dicho astro.

1.° Al llegar la Luna á la quadratura *D*, pasa por el centro de la Tierra *a* el canto del círculo de iluminacion,

Digitized by Google

y por lo tanto el observador verá iluminada la mitad del emisferio visible, baxo la figura de un semicírculo.

2.° Al llegar la Luna á la oposicion *F* se presenta de cara al observador *a* la parte iluminada, que se verá de figura circular.

3.° Quando se halla la Luna en la quadratura en *N*, vuelve á presentarse de canto el círculo de iluminacion, y la Luna se ve otra vez como un semicírculo, lo mismo que al hallarse en *D*.

268. A las diferentes apariencias de la parte iluminada de la Luna, vista de la Tierra, se da el nombre de *fases de la Luna.*

Las quatro principales son las que nos presenta en los quatro puntos indicados. Es á saber

1.° El *novilunio*, ó *Luna nueva*, en *M.*

2.° El *primer quarto*, ó *quarto creciente*, en *D.*

3.° El *plenilunio*, ó *Luna llena*, en *F.*

4.° El *último quarto*, ú *quarto menguante*, en *N.*

269. A las otras quatro fases intermedias llaman los Astrónomos *octantes*, y los distinguen con los nombres de

1.° *Primero*, entre *M* y *D.*

2.° *Segundo*, entre *D* y *F.*

3.° *Tercero*, entre *F* y *N.*

4.° *Quarto*, ó *último*, entre *N* y *M.*

270. Como el círculo terminador (*Esf. art.* 15 *núm.* 23.°) y el de iluminacion (*Art.* 14) son máximos, con corta diferencia, se cortarán siempre por mitad (*Esf. art.* 82 *num.* 5.°): y por lo tanto, el observador verá siempre iluminada la mitad del círculo terminador, excepto el caso de coincidir ambos círculos, como sucederá en la oposicion y conjuncion que se verifiquen en los nodos *n'* y *d'*, ó *D'* y *N'*.

1.° Entre el novilunio y primer quarto (esto es, entre *M* y *D*) el polo del círculo terminador de la Luna cae en el emisferio obscuro; y así se verá el centro de la Luna en dicha parte. Se verá pues la mitad del círculo de iluminacion como una semielipse (*Art.* 1 y *Esf. art.* 15 *num.* 22.°) cuya convexidad caerá hácia la parte iluminada (*Esf. art.* 15 *num.* 16.°). Luego la parte iluminada estará terminada por un semicírculo y una semielipse, cuyas convexidades caen á un mismo lado. La Luna se nos presentará baxo las figuras (*fig.* 10.ª) *nlsqn*, *nxsqn*, &c.

2.° En la quadratura *D* se ve el círculo de iluminacion como una línea recta (*Esf. art.* 15 *núm.* 21.°): y la figura de la Luna es (*fig.* 10.ª) *nxsqn*,

3.° Entre el primer quarto y plenilunio cae el polo del círculo terminador en la parte iluminada, y por lo tanto, caerá hácia

Digitized by Google

ella la concavidad del círculo de iluminacion (*Esf. art.* 15 *num.* 16.°), y la figura de la Luna (*fig.* 10.ª) será *ntsqn*, *nisqn*, &c. Esto es, que se verá terminada la Luna por el semicírculo *nqs* y la semielipse (mas ó ménos excéntrica) *nts*, *nis*, &c. cuyas convexidades se dirigen hácia partes opuestas.

4.° En el plenilunio *F* será (con corta diferencia) el círculo de iluminacion el mismo círculo teminador, y por lo tanto, la figura de la Luna será (*fig.* 10.ª) la del círculo *nesqn*.

5.° Del plenilunio al novilunio va presentando la Luna las mismas apariencias que presentó del novilunio al plenilunio, pero en órden inverso; y la parte iluminada, que hasta el plenilunio caia hácia poniente, cae despues del plenilunio hácia levante, respecto del observador colocado en la Tierra *a*.

271. Si la Luna fuese un círculo cuyo plano se nos presentase con mas ó ménos oblicuidad, siempre se veria como una elipse perfecta (*Art.* 1. y *Esf. art.* 15 *num.* 22.°) mas ó ménos excéntrica, que degeneraria en círculo en el plenilunio. Luego las fases de la Luna prueban que la parte de dicho astro que cae hácia la Tierra es sensiblemente esférica, y no plana, como aparece á primera vista.

272. Al tiempo del novilunio *M* (*fig.* 16.ª) se verá desde la Luna *M* la Tierra *a* enteramente iluminada, como nosotros vemos á la Luna en el plenilunio.

En las quadraturas *D* y *N*, se verá la Tierra desde la Luna como nosotros vemos á la Luna en igual caso: esto es, como un semicírculo iluminado. Finalmente, en el plenilunio *F* se verá desde la Luna la parte obscura de la Tierra.

273. Se ha dicho (*Art.* 26) que el radio del Globo de la Luna es unos $\frac{3}{11}$ del radio de la Tierra. Será pues la superficie de la Luna unos $\frac{9}{121}$ de la superficie de la Tierra (*Geom. art.* 240): y por lo tanto, la Tierra puede enviar á la Luna cerca de 12 veces mas luz de la que recibimos de dicho astro en iguales circunstancias.

274. Por esta razon, la parte de la Luna que no recibe luz directa del Sol se distingue muy bien al fin del crepúsculo vespertino, á al principio de la aurora, en las inmediaciones á la conjuncion.

En las demas posiciones la ofusca la luz del Sol, ó la que nos envia la parte mas iluminada.

275. A esta luz, reflexada de la Tierra á la Luna y de la Luna á nosotros, se pueden atribuir las apariencias de volcanes que presentan algunos puntos de la Luna, vistos con los mejores telescopios: puesto que dichos puntos exceden en brillantez á los demas, quando se ven iluminados por el Sol.

276. Uno de dichos puntos visto en el momento de un eclipse total de Sol (*Art.* 283 *num.* 1.°) puede parecer un agugero que dexa pasar algunos rayos solares al traves del cuerpo de la Luna.

Digitized by Google

277. En la superficie de la Luna se ven constantemente algunas manchas, las mayores á la simple vista, y las menores con el auxîlio de los telescopios. A dichas manchas se da el nombre de *mares de la Luna*, aunque no está demostrado que lo sean.

Pero no hay duda en que la Luna tiene montes elevadísimos. No pueden ser otra cosa los puntos iluminados que se descubren siempre en las inmediaciones del círculo de iluminacion hácia la parte obscura. (Véase lo dicho, *art.* 18).

278. A la descripcion de la superficie de la Luna se llama *Selenografia*; y *Selenitas* á los habitantes que algunos le han supuesto.

279. La posicion constante de las manchas de la Luna prueba que dicho astro nos presenta siempre una misma parte de su cuerpo. Luego irá presentando distintas partes al Sol y á las Estrellas fixas: y por consiguiente dará una vuelta sobre su centro, en el mismo tiempo en que termina su revolucion al rededor de la Tierra.

280. Los dos ángulos *n* y *s* (*fig.* 10.ª) que forma la mitad iluminada del círculo terminador (*nqs*) con el círculo de iluminacion (*nls*, *nxs*, &c.), se llaman los *cuernos de la Luna.*

281. El círculo máximo *ecq* que tiene sus polos en los cuernos de la Luna *n* y *s*, pasará por los polos del círculo terminador y del círculo de iluminacion (*Esf. art.* 82 *núm.* 12.º). Luego tendrá dos puntos en las rectas que van de los centros de la Tierra y del Sol al centro de la Luna; y por lo tanto pasará por los centros de estos tres cuerpos (*Esf. art.* 4). La Luna no se alexa mucho del plano de la eclíptica (*Art.* 266), y por consiguiente

282. Si se imagina por el centro de la Luna *c* (*fig.* 10.ª) un plano perpendicular á la línea *ncs*, que va de cuerno á cuerno, dicho plano será (con corta diferencia) el de la eclíptica. I un plano que pase por el ojo del observador y por la recta *ncs*, que se termina en los cuernos de la Luna, manifiesta (al poco mas ó ménos) la posicion de un plano perpendicular á la eclíptica.

283. Pasarémos á decir alguna cosa sobre los eclipses.

1.º Si la Luna cubre el todo ó parte del Sol á algunos habitantes de la Tierra, se dice que hay *eclipse de Sol, total* ó *parcial*, para dichos habitantes.

Si la recta que va de un habitante al centro del Sol pasa por el centro de la Luna, el eclipse se llama *central.*

Si por estar la Luna en las inmediaciones del apogeo (*Art.* 52) y la Tierra en las cercanias del perihélio, se

Digitized by Google

descubre al rededor de la Luna una porcion de Sol en forma de corona ó anillo luminoso, se llama el eclipse *anular*.

2.° Quando la sombra de la Tierra cubre el todo ó parte de la Luna, se dice que hay *eclipse*, *total* ó *parcial de Luna*, para los habitantes que la ven en dicho caso.

Si los centros del Sol, de la Tierra y de la Luna están en línea recta, el eclipse de Luna se llama *central*.

3.° En general, quando se dice *eclipse invisible*, se entiende que no hay eclipse para los habitantes de que se trata, aunque lo hay para otros. Así, un eclipse invisible en Madrid puede ser visible en la Havana.

4.° Para los eclipses se consideran divididos los diámetros de Sol y Luna en doce partes, que se llaman *dígitos*: y cada dígito se subdivide en 60′. Así, quando el eclipse pasa de seis dígitos, llega á verse cubierto el centro del astro eclipsado.

5.° Es evidente que no puede haber eclipse de Sol sino en las inmediaciones de un novilunio; ni de Luna, sino en las inmediaciones de un plenilunio.

284. Como la porcion (*fig.* 16.ª) *NMD* de la órbita lunar está elevada, y la *DFN* depresa (*Art.* 266) al hallarse la Luna en *M* (al tiempo del novilunio) desde qualquier punto de la Tierra *a* se descubre todo el Sol *s* por debaxo de la Luna *M*: y al hallarse la Luna en *F* (al tiempo del plenilunio) pasará la sombra de la Tierra *a* por encima de la Luna *F*. Quando la Tierra se halla en *u*, al tiempo del novilunio en *f''*, desde qualquier punto de la Tierra *u* se descubrirá todo el Sol *s* por encima de la Luna *f''*: y al tiempo del plenilunio en *m''* pasa la sombra de la Tierra *u* por debaxo de la Luna *m''*. Luego no podrá haber eclipse quando se halla la Tierra en dichos dos puntos. Esto es, que

285. No puede haber eclipse de Sol ni de Luna quando suceden los novilunios y plenilunios en los límites (*Art.* 63 *núm.* 9.°).

286. Si se halla la Tierra en *t*, al tiempo del novilunio estará la Luna en el nodo descendente *d'*, esto es, en el plano del papel (que es el de la eclíptica): y por lo tanto, cubrirá al Sol *s* á algunos habitantes de la Tierra *t*, y habrá eclipse de Sol.

Al tiempo del plenilunio estará la Luna en el nodo ascendente *n'*, y la sombra de la Tierra *t* la cubrirá, y habrá eclipse de Luna para todos los habitantes que la tienen sobre el horizonte. Lo mismo sucederá al hallarse la Tierra en *z*. Esto manifiesta que

287. Para que haya eclipse debe hallarse la Tierra con cor-

Digitized by Google

ta diferencia, en la misma longitud que los nodos de la Luna.

288. Puede suceder que en el novilunio que se verifica poco ántes de llegar la Tierra á *t*, ya cubra la Luna *d'* alguna parte del Sol *s* á algunos habitantes de la Tierra *t* (*Art.* 63 *núm.* 8.°). Que al llegar la Tierra á *t* suceda el plenilunio y haya eclipse de Luna; y que al volver la Luna al novilunio todavia cubra una parte del Sol (por no estar la Tierra muy lejos de *t*): y en tal caso habrá tres eclipses sucesivos.

289. La línea de los nodos no se mantiene exâctamente paralela á sí misma, sí que va girando (en órden contrario á los signos) y da la vuelta en 18 años.

290. Esto es, que cada año describe hácia occidente un ángulo de unos 20°. Luego al hallarse la Tierra en *t*, la línea de los nodos formará un ángulo de unos 5° con la direccion *ND*, que tenia tres meses ántes al hallarse la Tierra en *a*. Al estar la Tierra en *u* formará la línea de los nodos un ángulo de 10° con la direccion *ND*, &c. y finalmente, al volver la Tierra á *a* (al cabo de un año) la línea de los nodos formará un ángulo de 20° con la direccion *ND*.

Al cabo de $4\frac{1}{2}$ años será la línea de los nodos perpendicular á la *ND*. Al cabo de 9 años ocupará el nodo ascedente *N* el lugar del descedente *D*, y este el de aquel: de suerte que al hallarse la Tierra en *a*, será la parte depresa de la órbita lunar la inmediata al Sol, y la mas distante la elevada, &c.

291. Por esta razon, los lugares en que se ha de hallar la Tierra en su órbita, ó lo que es lo mismo, las longitudes á que ha de aparecer inmediato el Sol, para que haya eclipses, se anticipan cada año 19°. Esto es, que

292. Cada año se adelantan los eclipses poco mas de 19 dias.

En el presente año de 1795 suceden los eclipses en las inmediaciones al 28 de Enero, que es quando se ve el Sol en el nodo descendente de la órbita lunar: y en las inmediaciones al 22 de Julio, que es quando se ve el Sol en el nodo ascendente.

En el próximo año de 1796 sucederán los eclipses en las inmediaciones al 9 de Enero, al 3 de Julio, y al 21 de Diciembre.

293. En los eclipses totales de Luna se halla este astro sumergido en la sombra cónica de la Tierra *kvt* (*fig.* 51): y sin embargo no desaparece enteramente, y se ve iluminada con una luz sumamente débil. Esto proviene

1.° De que muchos rayos que salen de los limbos del Sol se tuerzen al atravesar la atmósfera de la Tierra, y se cruzan en el cono *kvt* (*Vease lo dicho art.* 2 *á* 10).

2.° Desde la Luna se debe ver, en el momento de un eclipse central, la atmósfera de la Tierra iluminada por el Sol (*Art.* 179 y 180) en figura de anillo.

La luz que recibe la Luna por estas dos causas es su-

Digitized by Google

ficiente para que la podamos distinguir, quando no tenemos á la vista otro cuerpo luminoso que la ofusque.

294. Con la inspeccion de la *fig.* 16.ª se comprehende que al mismo tiempo que la Luna *d'* cubre todo el Sol *s* á un habitante de la Tierra *i*, para otro habitante *r* cae la Luna *d'* hácia la parte occidental del Sol. Quando la Luna (poco ántes de llegar á *p*) le cubra á dicho habitante *r* el limbo occidental del Sol *b*, respecto del centro de la Tierra y del observador *i* se hallará la Luna á la parte oriental del Sol. Luego

295. No se debe extrañar el que la Luna nos oculte muchas veces el limbo meridional del Sol, quando su latitud es septentrional: esto es, quando el centro de la Luna se halla realmente al norte del centro del Sol respecto al centro de la Tierra (*Art.* 58).

Esto último, y todo lo perteneciente á los eclipses, se entenderá mejor despues de haber estudiado lo relativo á los semidiámetros y paralaxes.

296. Resta que tratemos del movimiento de la Luna respecto al Sol, del qual se han valido muchos Pueblos para medir el tiempo.

297. Por *mes lunar sidéreo*, se entiende el tiempo que emplea la Luna desde que sale del plano perpendicular á la eclíptica que pasa por una Estrella fixa hasta que vuelve á él.

298. Por *mes lunar sinódico* ó *lunacion*, se entiende el tiempo que media entre dos novilunios sucesivos.

299. Quando la Tierra se halla en *a* (*fig.* 16.ª) la Luna *M* está en conjuncion, y corresponde á la Estrella fixa *E*. Al paso que la Luna describe su órbita *MDFNM* al rededor de la Tierra, esta se traslada caminando por la elipse *actuza* al rededor del Sol. Si mientras da la Luna una vuelta pasa la Tierra de *a* á *c*, por lo dicho (*Art.* 243, 248 y 249) la Luna se hallará en *m* en la direccion *cmE* paralela á la *aME*: y para que la Luna vuelva á hallarse en conjuncion, deberá caminar segun la eclíptica el arco adicional *mo*, igual al movimiento angular de traslacion de la Tierra durante una lunacion. Luego

300. Se puede decir que el mes lunar sidéreo es el tiempo que emplea la Luna en hacer una revolucion completa al rededor de la Tierra: y el mes sinódico es el tiempo que emplea la Luna en dar una vuelta al rededor de la Tierra y en describir (segun la eclíptica) un arco igual al movimiento angular de la Tierra durante dicho mes.

301. Será pues el mes sidéreo menor que el sinódico:

Digitized by Google

El sidéreo consta de unos 27 ᶜ 32166 dias: y el sinódico de 29 ᶜ 5306 dias.

302. El movimiento diario de la Luna respecto á las Estrellas fixas será 13° ᶜ 176, y 12° ᶜ 19 será su movimiento diario medio respecto al Sol.

303. Esto basta para ver que entre los meses sidéreo y sinódico hay la misma analogía que entre los dias sidéreo y natural (*Art.* 243, *y* 248 *á* 256): y así es inútil detenernos á desmenuzar esta materia, que entenderá á fondo qualquiera que se haya impuesto en lo dicho en los artículos citados.

304. Nos ceñirémos pues á advertir, que tanto los meses sidéreos como los sinódicos son muy desiguales.

La atraccion del Sol sobre la Luna es la principal causa de las inrregularidades que se observan en sus movimientos. La línea de los ápsides de la Luna tiene un movimiento muy sensible, y da una vuelta en cosa de 3232 ᶜ 5 dias; y lo propio le sucede á la de los nodos, que termina su revolucion en unos 6803 ᶜ 1 dias. Amas de esto la inclinacion y excentricidad de la órbita lunar son muy variables.

De esto se sigue que el movimiento de la Luna constituye una medida muy inexâcta de la duracion (*Art.* 223).

305. Se suele dar el nombre de *edad de la Luna* á los dias del mes lunar sinódico; y así el quarto creciente sucederá quando la edad de la Luna es 7 ᶜ 38: el plenilunio quando la edad de la Luna es 14 ᶜ 76: el quarto menguante quando la edad es 22 ᶜ 15: y el novilunio quando la edad es 29 ᶜ 53 respecto del mes que finaliza, y cero respecto del que empieza.

306. Los pasos de la Luna por el meridiano se van retardando, hasta que al cabo de un novilunio vuelven á coincidir los pasos del Sol y de la Luna. Luego, unos dias con otros, se retardará el paso de la Luna por el meridiano $\frac{24}{29\,^{c}\,5306}$ horas = poco mas de 48′: esto es, poco mas de 3 quartos de hora y 3′ (*Art.* 301).

Pero en esto hay bastante desigualdad por unas causas semejantes á las que se expusiéron (*Art.* 244) que en la Luna son todavia mas poderosas (*Art.* 304).

307. Aun es mayor la desigualdad que hay en las horas del nacer y ponerse de la Luna; porque en este fenómeno influyen tambien sus variaciones diarias en declinacion, y las latitudes de los lugares, como se deduce de lo dicho (*Art.* 160 y *siguientes*), y se enten-

Digitized by Google

derá mejor quando se haya enseñado á hallar la hora del nacer y ponerse de los astros.

1.° Atendiendo solo á la diferencia diaria de ascension, se debian retardar 48′ las horas del nacer y ponerse de la Luna. Pero atendiendo á la diferencia de declinacion, la hora del nacimiento de la Luna debe retardarse quando la Luna se va alejando del zenit, y acelerarse quando se va acercando, por lo dicho (*Art.* 162 *núm.* 1.° *Art.* 163 *núm.* 3.°, 4.° *y* 5.° *y art.* 164 *núm.* 2.°).

2.° Luego, quando la Luna se aleja del zenit debe retardarse la hora de su nacimiento, por las dos causas, en una cantidad igual á la suma de sus efectos. Y quando la Luna se acerca al zenit, debe retardarse ó acelerarse la hora de su nacimiento, en una cantidad igual á la diferencia de los mismos efectos.

3.° Las mayores diferencias diarias de declinacion resultan quando la Luna pasa por la equinoccial, y pueden pasar de 5°.

4.° El efecto que la diferencia en declinacion produce en el nacer de los astros, es muy corto en latitudes pequeñas (*Art.* 166) y sensibilísimo en latitudes crecidas.

5.° Por esta razon, la hora del nacimiento de la Luna no puede acelerarse sino en latitudes muy grandes, al tiempo de hallarse dicho astro en las inmediaciones de la equinoccial.

De todo esto se sigue que

308. En los paises de mucha latitud debe nacer la Luna casi á la misma hora durante algunos dias consecutivos, en las inmediaciones á su paso por Aries para los habitantes del emisferio del norte; y en las inmediaciones á su paso por Libra para los del sur.

Este fenómeno es muy notable quando concurre con el plenilunio: esto es, en el plenilunio ó plenilunios inmediatos al 23 de Setiembre para los habitantes de los paises septentrionales; y en los inmediatos al 20 de Marzo para los habitantes de los paises meridionales.

Las gentes del Campo en Inglaterra distinguen estas lunaciones con los nombres de *Luna de las mieses* (Harvest Moon), y *Luna de los Cazadores* (Hunter's Moon).

De la Cronologia.

309. La *Cronologia* es la ciencia del tiempo. Su objeto es prefixar el tiempo transcurrido entre varios acaecimientos, comparar entre sí los modos de contar el tiempo de que han usado varios Pueblos, é indagar sus ventajas é inconvenientes. Para nuestro objeto, nos detendrémos únicamente á exponer lo mas interesante para manejar con conocimiento las tablas de que se hace uso en la Navegacion.

Digitized by Google

310. Por *época*, se entiende un acaecimiento notable, desde el qual se empieza á contar el tiempo.

La de los Mahometanos es la huida de Mahoma de Meca.

La que se ha establecido modernamente en Francia es la de su ereccion en República.

Pero la mas generalmente usada en Europa y América, es la del nacimiento de nuestro Señor Jesu Cristo. Los años contados desde dicha época se suelen llamar *años Cristianos*, ó *años de la era vulgar*: porque á un modo establecido de contar los años se da el nombre de *era*. La era de los Mahometanos se llama *hegira*.

311. Para los usos de la sociedad conviene empezar los años siempre desde una hora determinada del dia, v. g. desde mediodia segun el uso astronómico, y desde media noche segun el eclesiástico. Esta es una práctica de que no se ha separado ningun Pueblo del Universo.

312. A estos años, que constan de un número cabal de dias, se suele dar el nombre de *años civiles*.

313. En los años civiles ha habido y hay todavia mucha variedad: no solo en la época desde la qual se empiezan á contar, si que tambien en el número de dias que se les han asignado, y en sus divisiones y subdivisiones en meses, semanas, dias, horas, &c.

314. El año civil de que usamos nosotros consta de 365 dias si es *comun*, y de 366 si es *bisiesto*. Este es el nombre que damos al año que tiene un dia mas que los otros que llamamos *comunes*.

Un intérvalo de quatro años completos se llama *quatriénio*: y nosotros contamos en cada quatriénio tres años comunes y un bisiesto: esto es, tres años de 365 dias y uno de 366.

La adicion de un dia al año se llama *intercalacion*, y el verbo *intercalar* equivale á añadir dicho dia, que se llama *dia intercalar*.

Cada 400 años se omiten tres intercalaciones.

315. El año primero de nuestra época fue 1.º despues de bisiesto. El segundo fue 2.º despues de bisiesto, &c. De aquí se sigue que partiendo el año dado por 4, el residuo 1, 2, ó 3 manifestará si dicho año es 1.º, 2.º, ó 3.º despues de bisiesto; y será bisiesto si es el residuo cero.

El quociente manifestará los bisiestos que hubieran pasado, á no haberse omitido ninguna intercalacion; incluso el año dado, si es cero el residuo.

Digitized by Google

V. g. el presente año de 1795 partido por 4 da por residuo 3 y por quociente 448. Será pues dicho año 3.° despues de bisiesto, y hubieran pasado 448 bisiestos desde el principio de nuestra época, y á no haberse omitido ninguna intercalacion.

El año 1796 partido por 4 da cero por residuo y 449 por quociente. Será pues dicho año bisiesto, y el número de bisiestos será 449, incluso el mismo año 1796; y 448 será el número de bisiestos hasta principio de dicho año.

316. El año 1700 fue comun, y tambien lo serán los de 1800 y 1900, que segun la regla resultan bisiestos. Estos son los tres años en que se omite la intercalacion (*Art.* 314).

317. Nuestro año se divide en 12 meses, cuyos nombres, dias que contienen, y los dias que hay desde el principio del año hasta el principio de cada uno de ellos, son como sigue

1.°	Enero	31	000	7.° Julio	31	181
2.°	Febrero	28	031	8.° Agosto	31	212
3.°	Marzo	31	059	9.° Setiembre	30	243
4.°	Abril	30	090	10.° Octubre	31	273
5.°	Mayo	31	120	11.° Noviembre	30	304
6.°	Junio	30	151	12.° Diciembre	31	334

318. En los años bisiestos se intercala el dia 29 de Febrero, y por consiguiente, desde el 1 de Marzo inclusive se debe contar un dia mas.

Por dicha razon, quando en adelante se diga que ha mediado bisiesto, se entiende que ha mediado el 28 de Febrero de dicho año.

Así se dirá que del 1 de Febrero de 1795 al 1 de Febrero de 1796 no ha mediado bisiesto. Que del 4 de Enero de 1791 al 4 de Enero de 1796 ha mediado un bisiesto, &c.

319. Amas de la division expresada del año en 12 meses desiguales, usamos la de *semanas*, que constan de 7 dias. El primer dia de la semana es el *Lunes*. El segundo el *Martes*. El tercero el *Miércoles*. El quarto el *Juéves*. El quinto el *Viérnes*. El sexto el *Sábado*. El séptimo el *Domingo*.

320. Como 365 partido por 7 da por quociente 52 y por residuo 1, está claro que cada año comun consta de 52 semanas y 1 dia; y el bisiesto consta de 52 semanas y 2 dias.

Luego si el dia 1 de Enero de un año comun es Domingo, el último dia de dicho año será tambien Domingo: y por lo tanto, el año siguiente empezará en Lunes, el otro en Martes, &c.

Digitized by Google

y el año 1.º despues de bisiesto empezará en dos dias mas de la semana que el bisiesto que le precede.

321. Luego desde un año hasta otro qualquiera se habrá retardado el dia de la semana en que empieza el año, tantos dias quanto es el número de años que han mediado, mas el número de bisiestos: esto es, mas el número de quatrienios, sino se ha omitido ninguna intercalacion.

Si desde el principio de nuestra época hasta despues del año 1700 no se hubiera omitido ninguna intercalacion, el año 1 empezaria por el primer dia de la semana (Lunes): el 2 por el segundo dia (Martes): &c. Luego

322. Si al año dado de nuestra época (entre 1700 y 1800) se le agregan los quatrienos que resultan por la regla dada (*Art.* 315), la suma partida por 7 dará el dia de la semana en que empieza el año.

V. g. hasta 1795 han pasado 448 quatriénios (*Art.* 315) que agregados á 1795 dan por suma 2243, que partidos por 7 dan 3 de residuo. Empezará pues este año de 1795 el dia tercero de la semana (Miércoles).

Si el residuo es cero será cabal el número de semanas que han mediado, y así, empezará el año en Domingo.

Si el año es bisiesto se debe quitar una unidad de los quatriénios que indica el quociente, por lo advertido (*Art.* 315 *y* 318).

Como el año 1800 será comun, desde dicho año hasta 1900 es menester quitar un dia del que resulta por la regla dada.

323. Se ha dicho (*Art.* 264) que el año trópico, del qual penden las estaciones (*Art.* 197 *á* 201), consta de 365 dias, 5 horas y 49′ (prescindiendo de los segundos): esto es de 365 dias, y 6 horas ménos 11′. Luego si un año civil bisiesto *b* empieza la Primavera el 21 de Marzo á media noche, segun la cuenta eclesiástica, al año siguiente *c* (1.º despues de bisiesto) empezará la Primavera 6 horas ménos 11′ mas tarde: esto es, á las 6 horas ménos 11′ de la mañana del 21 de Marzo segun la cuenta eclesiástica. Al otro año *d* (2.º despues de bisiesto) empezará la Primavera otras 6 horas ménos 11′ mas tarde: esto es, á las 12 horas ménos 22′ del mediodia del propio dia 21 de Marzo. Al otro año *e* (3.º despues de bisiesto) empezará la Primavera á las 6 horas ménos 33′ de la tarde del propio dia civil.

Al otro año *b′* (que es bisiesto) si fuese comun empezaria la Primavera 44′ ántes de la media noche en que finaliza el 21 de Marzo y empieza el 22. Habria pues ya, en dicho caso, cerca de un dia de retardo en el principio de la Primavera. Pero como, por ser dicho año *b′* bisiesto, han pasado 366 dias desde 21 de Marzo del año *e* hasta 21 de Marzo del año *b′*, empezará la Primavera un dia án-

Digitized by Google

tes de lo que resulta por la cuenta anterior: esto es, 44′ ántes de la media noche en que acaba el dia 20 de Marzo y empieza el 21.

Si llamamos c', d', e', los años correspondientes del segundo quatriénio, se ve que el año c' empezará la Primavera 44′ mas temprano que el año c. El año d' empezará tambien la Primavera 44′ mas temprano que el año d; &c.

Llamando b'', c'', d'', e'', los años del segundo quatriénio, está claro que el año b'' empezará la Primavera 44′ mas temprano que el año b': esto es, 88′ mas temprano, que el año b. El año c'' empezará la Primavera 88′ mas temprano que el año c; &c. En una palabra, es evidente que

324. Los lugares del Sol (de un año á otro qualquiera) se retardan tantas veces 6 horas ménos 11′ qnantos años comunes han pasado, ménos tantas veces 24 horas quanto es el número de los bisiestos intermedios, teniendo presente lo advertido (*Art.* 316 *y* 318).

325. Si no se ha omitido ninguna intercalacion, de un año qualquiera de un quatriénio hasta su correspondiente de otro quatrienio qualquiera, dichos lugares se anticipan tantas veces 44′ quanto es el número de quatriénios: esto es, tantas veces 11′ quanto es el número de los años intermedios.

326. Si dada la hora H de un año, se quiere hallar la hora R de otro año anterior en que el Sol tenia la misma longitud, se puede llamar n el número de años intermedios, b el de los bisiestos (teniendo presente lo advertido *art.* 316 *y* 318) y se obtendrá dicha hora R executando las operaciones indicadas en la fórmula siguiente, segun las reglas de la Aritmética (*Arit. art.* 82).

$$R = +H - 6 \text{ hor.} \times n + 11' \times n + 24 \text{ hor.} \times b.$$

y como $6 \times 4 = 24$, y los términos segundo y último (-6 hor. $\times n$, y $+ 24$ hor. $\times b$) tienen signos contrarios (*Arit. art.* 65) se le podrán rebaxar á b tantas unidades quantos quatros se quiten á n en dicho segundo término (-6 hor. $\times n$) dexándole su justo valor en el tercero ($+ 11' \times n$).

Si la hora R' que se busca es de año posterior, y la dada H' de año anterior, se mudarán todos los signos, excepto el de H, y resultará $R' = +H' + 6$ hor. $\times n - 11' \times n - 24$ hor. $\times b$.

Esto es muy interesante, para reducir con facilidad á un año dado las tablas de longitud del Sol, de su ascension recta, declinacion, y equacion del tiempo, construidas para otro año qualquiera, y se comprehenderá me-

Digitized by Google

jor con los exemplos siguientes.

1.° Se quiere saber en que dia y hora del año 1790 tenia el Sol la misma longitud (y quanto depende de ella) que tendrá el 27 de Noviembre de 1795 á las 5 horas y 12′ de la tarde; y se supone que la cuenta es astronómica.

Será $H = 5$ hor $+ 12'$; $n = 5$: $b = 1$: y así quitando la unidad de b, y 4 unidades de n en el 2.° término, resultará la hora reducida $R = + 5$ hor. $+ 12' - 6$ hor. $+ 55'$, que por lo enseñado en la Aritmética se reduce á $+ 7'$. Serán pues las 0 horas y 7′ del dia 27 de Noviembre: esto es, serán 7′ despues de medio dia.

2.° Se quiere saber en que dia y hora del año 1794 tenia el Sol la misma longitud, &c. que tendrá á medio dia del 5 de Abril de 1796.

Será $H = 0$; $n = 2$; $b = 1$. Resultará pues la hora reducida $R = - 12$ hor. $+ 22' + 24$ hor., que se reduce á $+ 12$ hor. $+ 22'$. Serán pues las 12 horas y 22′ del dia 5 de Abril, cuenta astronómica: esto es, los 22′ de la mañana del dia 6, cuenta civil.

3.° Se quiere saber en que dia y hora de 1795 tenia el Sol la misma longitud que tendrá el 2 de Febrero de 1808 á las 18 horas y 40′, cuenta astronómica.

Será $H = 18$ hor. $+ 40'$; $n = 13$; $b = 2$; que quitando las 2 unidades de b, y 8 de n en el segundo término, dará la hora reducida $R = + 18$ hor. $+ 40' - 30$ hor. $+ 143' = - 8$ hor. $- 57'$. Serán pues 8 horas y 57′ ántes de medio dia del 2 de Febrero, ó lo que es lo mismo, las 15 horas y 3′ del dia 1 de Febrero cuenta astronómica; que equivalen á las 3 horas y 3′ de la mañana del dia 2 de Febrero, cuenta civil.

327. Puesto que cada quatrieno se anticipan los lugares del Sol 44′, esto es, 3 quartos de hora ménos 1′; al cabo de 100 quatriénios, que hay en 400 años, se anticiparán 300 quartos de hora ménos 100′, que son 73 horas y $20' = 3$ dias, 1 hora y 20′.

Luego al cabo de 400 años ya no empezaria la Primavera el 21 de Marzo á media noche, sino el 18 de Marzo, 1 hora y 20′ ántes de media noche, si no se omitiera ninguna intercalacion. Pero como se han omitido tres intercalaciones: esto es, tres dias, la Primavera solo quedará adelantada 1 hora y 40′ al cabo de 400 años. Desde la creacion hasta el año 1795 de la era vulgar han pasado ménos de 7000 años: y por lo tanto, aunque se contasen los años de dicho modo desde la creacion acá, la Primavera, y todas las demas estaciones, caerian todavia en los mismos dias en que caian el año de la creacion, con diferencia de ménos de 30 horas.

Digitized by Google

328. El Calendario ó Almanaque ordinario no es mas que una tabla en que están puestos todos los dias del año con su division en meses, semanas, &c. y es muy útil para saber quando es el tiempo de los calores, de los frios, de las lluvias, de las escarchas, de las nieves, de las borrascas, de las bonanzas, de la siembra, de beneficiar las tierras, y de todo quanto depende del temperamento. Este, como se ha manifestado (*Art.* 214) pende de las estaciones, y estas de los lugares aparentes del Sol respecto de los puntos equinocciales (*Art.* 197 *á* 201).

Luego, para que el calendario sea de la mayor utilidad, conviene que la cuenta de los dias y años sea tal que las estaciones empiecen siempre en los mismos dias del año, con corta diferencia.

Esto hemos visto que se consigue en nuestro modo de contar los años, que por lo tanto es el mas propio.

329. Prescindimos de tal qual imperfeccion, como la de no coincidir el principio de nuestro año con el principio de ninguna de las quatro estaciones.

La de intercalar el dia que se agrega al año bisiesto el 29 de Febrero, y no el primero ó último del año, como parece que debiera hacerse.

Tampoco hay fundamento para las desigualdades de nuestros meses; puesto que las entradas del Sol en los signos no corresponden en todos ellos á los mismos dias.

330. Conviene advertir, que el contar cada quatro años un bisiesto fue institucion de Julio César, 44 años ántes del principio de nuestra época. Esta es la razon de llamarse *años Julianos* á los años contados de dicho modo. Julio César se valió para este establecimiento del Astrónomo Sosígenes.

331. El Papa Gregorio XIII reformó este modo de contar, el año Juliano de nuestra época 1582. Le quitó 10 dias á dicho año, y estableció que los años 1700, 1800, y 1900 fuesen comunes, y el de 2000 bisiesto: y que se siguiese en adelante omitiendo tres intercalaciones cada 400 años.

332. En Inglaterra se siguió contando por años Julianos hasta el de 1752: y por esta razon, las fechas de los Ingleses, desde el año 1582 hasta el de 1700, difieren 10 dias de las nuestras correspondientes, por los 10 dias que se quitaron al año 1752 en la reforma.

Despues del año 1700 diferian en 11 dias, porque los Ingleses hicieron bisiesto dicho año.

Entónces se llamaba estilo viejo ó antiguo al modo de contar de los Ingleses y de todos los demas que conservaron los años Julianos, y nuevo al que siguieron todos los Católicos, y se ha adoptado ya en casi toda la Europa.

333. El Papa Gregorio XIII quitó 10 dias al año para que

Digitized by Google

cayese la Primavera el mismo dia en que cayó el año de la celebracion del Concilio Niceno. Si le hubiera quitado 13 dias, las estaciones corresponderian (con cortísima diferencia) á los mismos dias que el año primero de nuestra época: y si le hubiera quitado 20 dias, el año empezaria con el Invierno. Las entradas del Sol en los signos no difiririan mucho de los primeros dias de los meses; y coincidirian con dichos primeros dias haciendo en la duracion de los meses una corta alteracion.

334. Tambien se estableció en la reforma el modo de hallar la edad de la Luna, para determinar el *plenilunio pasqual*: esto es, el plenilunio primero despues del 21 de Marzo, para celebrar la Pasqua el Domingo siguiente á dicho plenilunio. Pero dicho método solo sirve para determinar el dia de Pasqua y las demas fiestas movibles, que dependen de dicho dia: y no para hallar la verdadera edad de la Luna, que á veces difiere dos dias de la que se deduce por el método eclesiástico. Esta nos ha parecido suficiente razon para omitirlo.

335. Por *epacta astronómica* de un año, se entiende la edad de lo Luna un dia ántes del mediodia del dia primero de dicho año, que es como si dixéramos, la edad de la Luna á las cero horas del dia cero.

336. La epacta de 1795 es 9 dias, 11 horas y 27′, (con corta diferencia) respecto al meridiano de Cartagena: esto es, 9 ‘ 477 dias.

337. Si se parten los 365 dias, que tiene el año comun, por los 29 ‘ 5306 dias de que consta cada lunacion, resulta por quociente 12, y 10 ‘ 633 por residuo. Esto manifiesta que cada año comun contiene 12 lunaciones y 10‘633 dias: y por lo tanto

338. Al principio de cada año es la edad de la Luna 10‘633 dias mas de lo que era al principio del año anterior, si dicho año ha sido comun, y un dia mas si ha sido bisiesto.

339. Con estos datos (*Art.* 336 *y* 338) y la duracion del mes sinódico, 29‘531 dias, se puede hallar la edad de la Luna correspondiente á qualquier dia de qualquier año.

Bien entendido que lo que resultará será la edad media: esto es, la edad que tendria la Luna si su movimiento fuese el medio, y puede diferir 15 horas de la edad verdadera.

La edad de la Luna comparada con la correspondiente á cada una de sus fases (*Art.* 305) manifestará los dias que han pasado desde la última fase hasta el dia dado, ó los que faltan para la fase siguiente.

Digitized by Google

V. g. Se quiere averiguar la edad de la Luna el 26 de Abril de 1795. Los dias que han pasado desde el principio del año hasta el primero de Abril (*Art.* 317) sumados con 26 y con la epacta del año, 9 ' 477, dan por suma 125'477 que partidos por 29 ' 531 dan por residuo 7 ' 35. Esta será la edad de la Lúna que se pide, que es el quarto creciente con corta diferencia.

Supongamos que se quiere hallar la epacta astronómica del año 1798. Se multiplicará el adelanto ánuo 10 ' 633 por 3 (que es el número de años que han pasado desde 1795) y al producto se agrega una unidad (por el bisiesto que ha mediado) y la epacta de 1795. El resultado es 42 ' 376, que partido por 29 ' 531 da 12 ' 85 por residuo. Esta será la epacta que se pide.

Por el mismo estilo se halla que la epacta de 1799 es 23 ' 48; qne la de 1800 es 4 ' 58; y se puede hallar la correspondiente á otro qualquier año.

RESÚMEN

de lo relativo á los puntos, líneas y planos que se consideran en las esferas celeste y terrestre.

340. Se ha tratado ya de las esferas celeste y terrestre, y de los puntos, líneas, y planos á que se refieren los astros y los lugares de la Tierra, al paso que se han ido dando los conocimientos necesarios para su determinacion: pero esta materia es tan interesante que conviene presentarla separada. Con este objeto reunirémos en este título lo mas esencial de quanto se ha dicho en los anteriores, y añadirémos de paso algunas nociones de que no se nos ha ofrecido hacer uso hasta ahora, y pueden ser útiles para la mejor inteligencia de lo sucesivo.

341. Si se imagina una superficie cónica cuyo vértice está en el centro comun á varias esferas, los círculos que resultan de las intersecciones de la superficie cónica con las superficies de todas las esferas concéntricas, se llaman *círculos correspondientes.*

Así (*fig.* 13ª) *amzta*, *AMZTA*, son círculos correspondientes de las esferas cuyos radios son *ca*, *cA*.

Si la superficie cónica degenera en un plano, los círculos son máximos.

342. Por *esfera terrestre* entendemos la Tierra, aunque su figura no es esférica en todo rigor: y por *esfera celeste* se entiende una esfera descrita con un radio in-

Digitized by Google

finito desde el centro de la Tierra en qualquiera de sus posiciones.

343. Las líneas y planos paralelos que pasan por el centro de la Tierra, en qualquiera de sus posiciones, se terminan siempre en los mismos puntos de la esfera celeste (*Art.* 65 *á* 68).

344. Las Estrellas fixas se puede suponer que están en la misma superficie de la esfera celeste, por su gran distancia á la Tierra.

Excepto quando se examinen los efectos del movimiento del sistema solar (*Art.* 73 *núm.* 4.°) que (al cabo de algunos años) es sensible respecto á la gran distancia de dichos astros.

345. Se imagina que del centro de la Tierra (en qualquiera de sus posiciones) salen rectas que pasan por los centros de todos los astros, y se dice que cada astro está en el punto de la esfera celeste en que se termina la recta que pasa por su centro.

346. Por distancia de un astro á otro se suele entender la angular, que es el ángulo que forman las rectas tiradas del centro de la Tierra á los de dichos astros, y es igual al arco de círculo máxîmo comprehendido entre los lugares de dichos astros en la esfera celeste.

La distancia de un astro á otro en línea recta se llama *distancia absoluta*: y basta la expresion de la distancia para saber de qual de ellas se trata. La angular se expresa en grados, minutos, &c.: y la absoluta en varas, millas, &c.

347. Por distancia de un astro á un círculo se suele entender tambien la angular: esto es, el ángulo que la recta tirada del centro de la Tierra al del astro forma con el plano de dicho círculo. Su medida es la distancia del lugar del astro en la esfera celeste á la circunferencia de dicho círculo, contada sobre la superficie de la esfera.

348. Por lugar de un astro en un círculo máxîmo, se suele entender el punto en que encuentra á dicho círculo otro arco de círculo máxîmo que pasa por sus polos y centro del astro.

349. La distancia de un astro á un círculo, se cuenta sobre el mismo arco que se tira para referir el astro á dicho círculo.

V. g. Si (*fig.* 17.ª) *e* es polo de *IaqV*, y *z* un astro, tirado el arco de círculo máximo *ezq*, será *q* el lugar del astro *z* en el círculo *IaqV*: y *qz* será su distancia á dicho círculo.

Digitized by Google

350. Para hacer un buen uso de lo que sigue se debe tener muy presente todo lo establecido en los artículos 45, 82, 95, 102, y 104 de la Trigonometría esférica, y baxo este supuesto se excusará el citarlos.

La fig. 10.ª, que representa la esfera terrestre, se debe imaginar en el centro de la fig. 17.ª, que representa la celeste, de suerte que los exes *ncs*, *NcS* formen una sola línea, &c. En la fig. 18.ª está representada la esfera terrestre por el círculo *nztpxn*. Establecido esto

351. *Exe de la Tierra* (*fig.* 10.ª) *ncs* es el diámetro al rededor del qual gira la Tierra en 24 horas.

352. *Exe del Mundo* (*fig.* 17.ª) *NcS* es el exe de la Tierra prolongado hasta la esfera celeste.

353. *Polos de la Tierra* (*fig.* 10.ª) *n* y *s* son las extremidades del exe de la Tierra.

354. *Polos del Mundo* (*fig.* 17.ª) *N* y *S* son las extremidades de su exe en la esfera celeste.

El polo del Mundo *N*, que se descubre desde la Europa, está inmediato á una Estrella fixa llamada la Estrella polar. Dicho polo se llama polo del *norte*, *septentrional*, *boreal*, ó *ártico*: y su opuesto *S* se llama polo del *sur*, *meridional*, *austral*, ó *antártico*. Estos mismos nombres se dan á los polos correspondientes de la Tierra.

355. *La equinoccial*, ó *equador ED* (*fig.* 17.ª) es un círculo máxîmo cuyo exe es el del Mundo *NcS*. Se llama celeste ó terrestre segun que se imagina terminado en la esfera celeste ó en la Tierra.

La equinoccial divide á la Tierra y al Cielo en dos emisferios que se distinguen con los mismos nombres que sus polos respectivos.

356. *Ecliptica* (*fig.* 17.ª) *IV* es el plano de la órbita de la Tierra prolongado hasta la esfera celeste.

1.° La ecliptica *IV* forma con la equinoccial *ED* un ángulo *VaD* casi constante, que se llama *la oblicuidad de la ecliptica*, y en el dia es de unos 23°...27′...50″.

2.° Esta será la distancia *Ne*, *Su*, de cada polo de la equinoccial á su inmediato de la ecliptica.

3.° A los polos de la ecliptica *e* y *u* se dan los mismos nombres de *norte*, *sur*, &c. que á los de la equinoccial *N* y *S*.

Digitized by Google

357. *Zodiaco* es una faxa que se imagina en la esfera celeste, entre dos círculos paralelos á la eclíptica *IV*, y distantes de ella unos 8° y $\frac{1}{2}$ hácia uno y otro lado.

No se ha representado el zodiaco en la figura por no confundirla sin necesidad.

1.° Los Planetas y Satélites no salen del zodiaco: esto es, que las rectas tiradas por sus centros y el de la Tierra se terminan siempre dentro de dicha zona.

358. *Puntos equinocciales* son las dos intersecciones *a* y *m* (*fig.* 17.ª) de la eclíptica con la equinoccial. El uno (*a*) se llama *primer punto de Aries*, y es aquel en que se ve el Sol quando aparentemente pasa del emisferio austral al boreal. El otro (*m*) se llama *primer punto de Libra*, y es aquel en que se ve el Sol quando aparentemente pasa del emisferio boreal al emisferio austral.

359. *Puntos solsticiales*, *V* é *I*, son los dos puntos de la eclíptica distantes 90° de los equinocciales.

360. *Signos*, *signos celestes*, ó *signos del zodiaco*, son los doce arcos, de á 30°, en que se considera dividida la eclíptica desde el primer punto de Aries *a* hácia oriente: esto es, en la direccion *aVmIa* en que se mueve la Tierra.

1.° Conviene mucho distinguir esta direccion de su opuesta, que es la de oriente á occidente: y para esto no se debe olvidar que si un observador se coloca con la cabeza hácia el polo del norte y los pies hácia el del sur, la direccion de occidente á oriente, esto es la verdadera direccion en que se mueven todos los Planetas y Satélites, es la de la derecha á izquierda.

2.° Los signos se distinguen en *septentrionales* y *meridionales*, y en *ascendentes* y *descendentes*. Los seis *septentrionales* son, Aries, Tauro, Géminis, Cáncer, Léo y Virgo: y los seis *meridionales*, Libra, Escorpio, Sagitario, Capricornio, Aquario y Piscis. (*Art.* 56).

3.° Los seis *ascendentes* son Capricornio, Aquario, &c.: y los seis *descendentes* son Cáncer, Léo, &c. (*Art.* 210).

4.° Los primeros puntos de Cáncer y Capricornio, *V* é *I*, son los dos puntos solsticiales (*Art.* 359).

361. *Coluro de los equinoccios NaSmN* (*fig.* 17.ª) es un círculo máxîmo, que pasa por los polos del Mundo *N* y *S*, y puntos equinocciales *a* y *m*.

362. *Coluro de los solsticios NDSEN* es un círculo

Digitized by Google

máxîmo que pasa por los polos del Mundo *N* y *S*, y puntos solsticiales *V* é *I*.

1.° El coluro de los solsticios tiene sus polos en los puntos equinocciales *a* y *m*; y es perpendicular á la equinoccial, ecliptica, y coluro de los equinoccios.

2.° Los arcos de coluro de los solsticios *Ne*, *Su*, comprehendidos entre cada polo del Mundo y su inmediato de la eclíptica, son iguales á la oblicuidad de la eclíptica *VaD*, *VmD*, &c.

3.° Tambien son iguales á dicha oblicuidad los arcos del mismo coluro *VD*, *IE*, comprehendidos entre la eclíptica y equinoccial.

4.° Los dos coluros *Na SmN*, *NDSEN*, dividen á la eclíptica *aVmIa* y equinoccial *aDmEa* en quatro quadrantes.

363. *Trópicos*, son dos círculos menores paralelos á la equinoccial *aDmEa* y distantes de ella una cantidad igual á la oblicuidad de la eclíptica por uno y otro lado. El del lado del norte *VO* es el de Cáncer, y el del lado del sur *TI* es el de Capricornio.

364. *Círculos polares* son dos círculos menores paralelos á la equinoccial *ED*, y colocados á una distancia de sus polos *N* y *S* igual á la oblicuidad de la eclíptica. El del norte *be* se llama *ártico*, y *antártico* el del sur *ug*.

1.° Los trópicos y polares se distinguen en celestes y terrestres. Los primeros dividen al Cielo y los segundos á la Tierra en cinco zonas. Es á saber (*fig.* 17.ª) la tórrida *OITV* entre los trópicos. Las dos templadas *OebV*, *IguT*, entre cada trópico y su círculo polar correspondiente. Las dos frias *eNb*, *gSu*, entre los dos círculos polares y sus polos.

En la figura 10.ª son *aogm*, *ofpg*, *abdm*, *bnd*, *fsp*, las zonas terrestres correspondientes.

2.° Los trópicos celestes (*fig.* 17.ª) son tangentes á la eclíptica *VI* en los primeros puntos de Cáncer y Capricornio: y los círculos polares pasan por los polos de la eclíptica *e* y *u*.

365. En lo que sigue, quando no se advierta otra cosa, se entiende que se trata del habitante *o* (*fig.* 18.ª).

366. *Línea vertical* (*ozè*) es la direccion de los graves sobre la Tierra: esto es, la direccion de un aplomo. Se puede suponer que todas las verticales *oep*, *tex*, &c. se cruzan en el centro de la Tierra.

Digitized by Google

367. *Línea horizontal*, (*AoG*) es la recta perpendicular á la direccion de los graves: esto es, la direccion de qualquier recta tirada en la superficie superior de un flúido que está en reposo.

368. *Zenit* (*Z*) es el extremo de la vertical *eoZ* que corresponde á la cabeza del habitante en la esfera celeste.

369. *Nadir* (*P*) es el extremo de la vertical *oeP* que corresponde en la esfera celeste á los pies del habitante.

370. *Horizonte racional*, *verdadero*, *astronómico*, ó *matemático HR*, es un círculo máximo perpendicular á la línea vertical *ZP*.

1.° Sus polos son el Zenit *Z* y el nadir *P*: y su exe es la línea vertical.

2.° De los dos emisferios en que el horizonte racional *HR* divide á la esfera, se llama *superior* el que corresponde al zenit, é *inferior* el que corresponde al nadir.

3.° Cada habitante de la Tierra tiene distinto zenit y nadir.

4.° Los dos habitantes *o* y *p*, diametralmente opuestos, son los únicos que tienen un mismo horizonte racional *HR*; pero el emisferio que es superior para el uno es inferior para el otro, y dichos habitantes se llaman *antípodas*. Para un habitante *t* serian *H* y *R* el zenit y nadir, y *ZP* el horizonte racional.

371. Por *nacer verdadero* de un astro se entiende el acto de pasar de la parte inferior á la superior del horizonte racional: y por *ponerse verdadero* se entiende el acto de pasar de la parte superior á la inferior del mismo horizonte. Tambien se suele dar el nombre de *orto de un astro* al acto de nacer, y el de *ocaso* al de ponerse.

1.° Se suele suponer que un observador descubre todo el emisferio celeste superior, y no puede ver el inferior: pero esto no es rigurosamente exâcto.

372. *Horizonte sensible*, ú *horizonte aparente*, (*AoG*) es un plano que pasa por el ojo del observador *o* y es perpendicular á su línea vertical *oe*.

1.° El horizonte sensible *AoG* es paralelo al racional *HR*, y dista de él un radio de la Tierra *ez* mas la elevacion del observador *zo*, que es despreciabilísima.

373. *Horizonte de la mar* (*FoL*) es una superficie cónica tangente á la superficie de la mar y su vértice está en el ojo del observador.

Digitized by Google

1.° Un observador colocado en un punto de la mar, desde el qual no se descubre la Tierra, puede ver todos los objetos que están sobre dicho horizonte. Podrá pues ver mas de la mitad del cielo, porque el horizonte de la mar forma el ángulo sensible *FoA* con el horizonte aparente y con el racional.

2.° Si el ojo del observador está en la misma superficie de la mar *z*, la superficie cónica degenera en un plano. En tal caso el horizonte de la mar se confunde con el sensible *BzM*, y ámbos son un plano tangente á la superficie del globo en el punto en que se halla el observador.

374. *Meridianos* son unos círculos máximos que pasan por los polos de la equinoccial; y se distinguen en celestes y terrestres.

375. *Esfera armilar* es una especie de esqueleto de la esfera celeste, que contiene los círculos de la figura 17.ª, el horizonte y un meridiano. En su centro hay una bola pequeña, que representa la Tierra. Un arambre representa el exe del Mundo, y el todo está dispuesto como se dixo (*Art.* 185).

376. *Meridiano celeste de un lugar* (*fig.* 18.ª) *NZHPN*, es el que pasa por su zenit *Z* y nadir *P*.

1.° Es perpendicular á la equinoccial *ED* y horizonte *HR*, y tiene sus polos en las intersecciones *e* de dichos círculos.

2.° El meridiano divide á la esfera en dos emisferios. El que contiene el semicírculo del horizonte por donde nacen los astros se llama *emisferio del este*, *oriental*, ó *de levante*, y se debe imaginar en la parte anterior del plano del papel en la figura 18.ª. El que contiene el semicírculo del horizonte por donde se ponen los astros se llama *emisferio del oeste*, *occidental*, ó *de poniente*; y se debe imaginar en la parte posterior del papel en dicha figura.

Lo dicho (*Art.* 360 *núm.* 1.°) sirve para distinguirlos.

3.° Por *meridiano superior* se entiende el semicírculo *NZS* que pasa por el zenit y se termina en los polos del Mundo. Por *meridiano inferior* se entiende el semicírculo *NPS* que pasa por el nadir.

377. En el horizonte *HR* se consideran quatro puntos

Digitized by Google

llamados los *puntos cardinales*. El punto *norte* (*R*) es el de la interseccion del meridiano y horizonte mas inmediata al polo del norte. El punto *sur* (*H*) es el de la interseccion de dichos círculos mas inmediata al polo del sur. El *punto este* ó *del verdadero levante* (*e*, considerado delante del papel) es el de la interseccion de la equinoccial y horizonte que cae en el emisferio oriental. El *punto oeste*, ó *del verdadero poniente* (*e*, considerado detras del papel) es el de la interseccion de la equinoccial y horizonte que cae en el emisferio occidental.

1.° Los polos del meridiano están en los puntos este y oeste; y por lo tanto, los quatro puntos cardinales dividirán al horizonte en quatro quadrantes. Se puede ver lo dicho (*Art.* 105).

378. *Máximos de longitud celeste* (*fig.* 17.ª) *equ*, son unos semicírculos máximos que pasan por los centros de los astros y se terminan en los polos de la eclíptica. Son perpendiculares á la eclíptica. El coluro de los solsticios es máximo de longitud.

379. *Máximos de ascension recta*, ó simplemente *máximos de ascension*, *NpS*, son unos semicírculos máximos que pasan por los centros de los astros y se terminan en los polos del Mundo. Son perpendiculares á la equinoccial. Los coluros y todos los meridianos celestes son máximos de ascension.

380. *Círculos verticales* ó *azimutales* (*fig.* 18.ª) *ZbP*, son unos círculos máximos que pasan por el zenit y nadir y centros de los astros. Por vertical de un astro se entiende regularmente el semicírculo en que está dicho astro. Los verticales son perpendiculares al horizonte. El meridiano de un lugar es uno de sus verticales.

381. *Vertical primario*, *ZeP*, es el que pasa por los puntos del verdadero levante y poniente. Sus polos son los puntos norte y sur, *R* y *H*; y es perpendicular al meridiano y horizonte.

382. *Círculos horarios* son los semicírculos máximos (*fig.* 18.ª) *NcS* que se terminan en los polos del Mundo: y se llaman así quando se atiende al ángulo que forman con el meridiano de un lugar, que es uno de los horarios. Son perpendiculares á la equinoccial.

383. *Máximos de longitud terrestre*, ó *meridianos terrestres* (*fig.* 10.ª) *nes*, *nis*, son unos semicírculos máxi-

Digitized by Google

mos que pasan por los lugares de la Tierra, y se terminan en sus polos. Son perpendiculares á la equinoccial, y sus correspondientes en el cielo son los meridianos celestes.

384. *Paralelos de latitud celeste* son unos círculos menores paralelos á la eclíptica, que pasan por los centros de los astros. Sus polos y exe son los de la eclíptica, y forman ángulos rectos con los máxîmos de longitud celeste. Los dos círculos que terminan el zodíaco son paralelos de latitud celeste.

385. *Paralelos de declinacion*, son unos círculos menores paralelos á la equinoccial, que pasan por los centros de los astros. Sus polos y exe son los del Mundo, y forman ángulos rectos con los máxîmos de ascension. Los trópicos y círculos polares celestes son paralelos de declinacion.

386. *Almicantarats*, son unos círculos menores paralelos al horizonte racional, que pasan por los centros de los astros. Sus polos y exe son los del horizonte, y forman ángulos rectos con los verticales. El horizonte aparente es un almicantarat.

387. *Paralelos de latitud terrestre* son unos círculos menores paralelos á la equinoccial, que pasan por los lugares de la Tierra. Su exe y polos son los de la Tierra, y forman ángulos rectos con los meridianos terrestres. Los trópicos y círculos polares terrestres son paralelos de latitud terrestre.

388. *Longitud de un astro* es el arco de eclíptica contado desde el primer punto de Aries *a* (*fig.* 17.ª) hácia oriente hasta su máxîmo de longitud.

Será pues *aq* la longitud del astro *z*; y *aVf* la del astro *x*.

Tienen una misma longitud todos los astros que están en el mismo máxîmo de longitud.

389. *Latitud de un astro*, es el ángulo que forma con la eclíptica la recta tirada del centro de la Tierra al del astro: esto es, el arco de máxîmo de longitud celeste comprehendido entre la eclíptica y el astro, ó lo que es lo mismo, la distancia del astro á la eclíptica. Se distingue en boreal y austral.

Será *qz* la latitud boreal del astro *z*.

Tienen una misma latitud todos los astros que están en un mismo paralelo de latitud.

390. *Ascension recta de un astro*, es el arco de equi-

Digitized by Google

noccial contado desde el primer punto de Aries *a*, hácia oriente, hasta su máxîmo de ascension.

Sera pues *ap* la ascension recta del astro *z*; y *aDt* la del astro *x*.

Tienen una misma ascension recta los astros que están en un mismo máxîmo de ascension.

391. *Declinacion de un astro* es el ángulo que forma con la equinoccial la recta tirada del centro de la Tierra al del astro: esto es, el arco de máxîmo de ascension comprehendido entre la equinoccial y el astro; ó lo que es lo mismo, la distancia del astro á la equinoccial. Se distingue en boreal y austral.

Será *pz* la declinacion boreal del astro *z*.

Tienen una misma declinacion todos los astros que están en un mismo paralelo de declinacion.

392. *Azimut de un astro* es el arco de horizonte contado desde uno de los puntos cárdinales norte ó sur, hácia qualquier lado, hasta su vertical. Se debe expresar el punto que se toma por orígen y la direccion en que se cuenta el azimut.

Si (*fig.* 18.ª) *Hb* vale 40° y 13′, *Rb* valdrá 139° y 47′. Será pues el azimut del astro *c*, *sur* 40° + 13′ *este*, que se expresa así, *S* 40° + 13′ *E*; ó lo que es lo mismo, *norte* 139° + 47′ *este*, que se expresa así, *N* 139° + 47′ *E*. Esto es, que se pone primero la inicial del punto que se toma por orígen, despues los grados y minutos que vale el azimut, y seguidamente la inicial de la direccion en que se cuenta.

1.° Se puede decir tambien que el azimut es el ángulo que forma el vertical de un astro con el meridiano. El azimut se reduce de un orígen á otro tomando su suplemento. Los astros que están en el mismo semicírculo vertical tienen el mismo azimut.

393. Quando un astro no dista mucho del horizonte, se da el nombre de *amplitud* al arco de horizonte contado desde el punto cardinal este ó oeste, hácia qualquier lado, hasta su vertical. La amplitud se llama *ortiva* si el astro está en el emisferio oriental; y *occídua* si está en el occidental. La amplitud se indica por el mismo estilo que el azímut.

V. g. el astro *c* (*fig.* 18.ª) se dirá que tiene de amplitud *E* 49° + 47′ *S*, que quiere decir, *este* 49° + 47′ *sur*.

1.° Se puede decir tambien que la amplitud es el ángulo que forma el vertical de un astro (inmediato al horizonte) con el vertical primario. Conviene exercitarse en

Digitized by Google

reducir el azimut á amplitud, y este á aquella. La razon natural dicta lo que debe hacerse para esto, haciendo una figura como se dixo (*Art.* 110). Los astros que están en un mismo vertical tienen la misma amplitud.

394. *Amplitud verdadera*, es la que tiene un astro al tiempo de hallarse realmente su centro en el horizonte verdadero, y se llama *ortiva* si el astro nace, y *occidua* si se pone. Se puede pues decir que la amplitud verdadera (que se suele llamar simplemente amplitud) es el arco de horizonte comprehendido entre los puntos este u oeste y aquel en que se halla el astro al tiempo de nacer ó de ponerse. Quando el astro no está realmente en el horizonte (aunque aparezca en él) se suele dar á su amplitud el nombre de *aparente*.

395. *Altura verdadera de un astro* es el ángulo que forma con el horizonte racional la recta tirada del centro de la Tierra al del astro; esto es, el arco de vertical comprehendido entre el horizonte verdadero y el astro; ó lo que es lo mismo, la distancia del astro al horizonte verdadero.

Será pues (*fig.* 18.ª) *bc* la altura verdadera del astro *c*.

Quando se dice simplemente altura, se entiende que el astro cae hácia la parte superior del horizonte: y quando cae hácia la parte inferior, la altura se llama *negativa*, ó *depresion*.

396. *Horario de un astro* es el arco de equinoccial contado desde el meridiano hácia qualquier lado hasta el círculo horario en que se halla el astro. Puede ser oriental ú occidental.

Será (*fig.* 18.ª) *Ei* el horario oriental del astro *c*.

Se puede decir que el horario es el ángulo *ENi* formado en el polo del mundo por el meridiano del lugar y el horario en que se halla el astro. Los astros que se hallan en un mismo círculo horario tendrán un mismo horario. El horario se puede expresar en grados ó en horas, y sobre esto se verá lo dicho (*Art.* 143 *y sig.*).

397. *Primer meridiano* es el meridiano terrestre que sirve de término de comparacion para situar los de los demas lugares. Se puede tomar por primer meridiano el que se quiera.

398. *Longitud de un lugar* es el arco de equinoccial terrestre contado desde el primer meridiano, hácia oriente,

Digitized by Google

hasta el meridiano del lugar. Los lugares que están en un mismo meridiano tienen una misma longitud.

Tambien se suelen contar las longitudes de los lugares desde el primer meridiano hácia oriente y hácia occidente hasta llegar á los 180°. Se pueden contar en grados ó en horas, y sobre esta materia (que es de la mayor importancia) se verá lo dicho (*Art.* 147 *y sig.*).

399. *Latitud de un lugar*, en rigor, es el ángulo formado por su línea vertical y el plano de la equinoccial (*Art.* 88 *y* 125) y se puede decir que es el ángulo que forma con la equinoccial terrestre la recta tirada del centro de la Tierra al lugar: esto es, el arco de meridiano terrestre comprehendido entre la equinoccial y el lugar; ó lo que es lo mismo, la distancia del lugar á la equinoccial terrestre. Puede ser norte ó sur.

Será pues (*fig.* 10.ª) *ea* la latitud norte del lugar *a*: y *ef* será la latitud sur del lugar *f*.

Todos los lugares que están en un mismo paralelo de latitud terrestre tienen una misma latitud.

400. Lo dicho hasta aquí manifiesta que los astros se comparan con la ecliptica por medio de su longitud y latitud; con la equinoccial por su ascension recta y declinacion; con el horizonte racional por su azimut ó amplitud y altura; y tambien pueden compararse con la equinoccial por su horario y declinacion: y los lugares de la Tierra se comparan con la equinoccial terrestre por su longitud y latitud.

401. Se ha dicho (*Art.* 131 *y* 132) que se entiende por diferencia de longitud entre dos lugares y el modo de hallarla, y se ha enseñado (*Art.* 121, 122 *y* 123) que se entiende por diferencia de latitud entre los mismos, y el modo de hallar sus distancias á qualquiera de los polos de la Tierra.

Por el mismo estilo se hallan las diferencias de longitud y latitud, de ascension recta y declinacion, &c. entre dos astros, y sus distancias á los polos de la ecliptica, de la equinoccial, &c.

402. Tambien se enseñó (*Art.* 135) á deducir de la latitud y longitud de dos lugares la distancia que hay del uno al otro sobre la superficie de la Tierra; y por el mismo estilo, de las latitudes y longitudes, ascensiones y declinaciones, &c. de dos astros, se puede deducir la

Digitized by Google

distancia angular que hay del uno al otro: esto es, el valor del arco de círculo máximo comprehendido entre sus lugares en la esfera celeste.

403. Para la inteligencia de los Autores, y para la resolucion de los problemas mas interesantes de la Navegacion, conviene tener muy presente lo que sigue.

404. La latitud (*fig.* 18.ª) *az* de un lugar *z*, es igual á la distancia *EZ* de la equinoccial celeste á su zenit. Y su complemento de latitud *zn* es igual á la distancia *ZN* del mismo zenit al polo elevado.

405. Por *altura de la equinoccial* se entiende la altura del punto de la equinoccial que está en el meridiano: y así la altura de la equinoccial *HE* será complemento de la latitud del lugar *EZ*.

406. La *altura del polo RN* es igual á la latitud: porque si de los quadrantes *EN*, *RZ*, se quita el arco comun *ZN*, quedará $EZ = RN$. Por esta razon se suele decir *altura de polo* de un lugar, en vez de *latitud*.

Es evidente que la depresion del otro polo *HS* es tambien igual á la latitud.

407. Por *ascension recta del medio del cielo*, se entiende la del punto de la equinoccial que se halla en el meridiano.

408. Por *nonagésimo*, se entiende el punto de la eclíptica que dista 90° de sus dos intersecciones con el horizonte.

409. Por *punto culminante* de la eclíptica, se entiende el punto de dicho círculo que está en el meridiano.

410. Se dice que un astro *culmina* ó que se halla en el punto culminante, quando está en el meridiano. Su altura en este caso se llama *altura meridiana*, y su complemento, que es la distancia al zenit, se suele llamar *observacion*.

HI (*fig.* 18.ª) será la altura meridiana del astro *I*; y *IZ* su observacion.

411. Quando el astro pasa por el meridiano superior (esto es, entre *H* y *Z*, ó entre *Z* y *N*) su altura meridiana es la mayor de todas; y la observacion es su menor distancia al zenit del habitante (*Art.* 170).

Quando el astro pasa por el meridiano inferior (esto es, entre *N* y *R* sucede todo lo contrario (*Art.* 171).

412. El horario en que se halla el Sol manifiesta las horas de tiempo aparente que faltan para mediodia, si es oriental: y las que han pasado despues de mediodia, si es occidental.

Digitized by Google

413. El horario de una estrella fixa manifestará las horas de tiempo sidéreo que faltan para su paso por el meridiano, ó las que han transcurrido desde él (*Art.* 241, *y* 249 *y sig.*).

414. La diferencia de ascension recta de dos astros es igual á la diferencia de sus horarios.

415. El meridiano superior (*fig.* 18.ª) *SHZN* es el horario de cero horas.

416. El horario *NeS* de 6 horas (esto es el que forma un ángulo de 90° con el meridiano) pasa por los puntos del verdadero levante y poniente.

417. Por *ascension oblicua* de un astro, se entiende el arco de equinoccial contado desde el primer punto de Aries, hácia oriente, hasta el horizonte de un lugar, al tiempo de nacer ó de ponerse dicho astro.

Si al tiempo de nacer el astro *u* está en *i* el primer punto de Aries, será *ie* la ascension oblicua de dicho astro: y si el primer punto de Aries estuviese en *r*, seria la ascension oblicua *rd* mas el semicírculo *DE* (que se supone á la parte posterior del papel) mas *Eie*; esto es, 360° ménos el arco *er*.

418. *Diferencia ascensional*, es el arco de equinoccial comprehendido entre los puntos este ú oeste y el horario de un astro que está en el horizonte.

Será pues (*fig.* 18.ª) *re* (= *eNr*) la diferencia ascensional del astro *u*: y *ei* (= *eNi*) será la diferencia ascensional del astro *m*.

419. La diferencia ascensional es la diferencia entre los ascensiones recta y oblicua: ó por mejor decir, es el arco menor de equinoccial comprehendido entre los puntos en que se terminan una y otra.

420. Es muy interesante el advertir que la diferencia ascensional de un astro es la diferencia que hay entre el horario de 6 horas y su horario, al tiempo de hallarse en el horizonte.

Si la latitud del lugar *EZ* y la declinacion del astro *ru* son de la misma especie, el horario *reE* excede al de 6 horas *eE* en la diferencia ascensional *re*. Y si la declinacion *im* es de contraria especie, el horario del astro *iE* es menor que el de 6 horas *eiE* en la diferencia ascensional *ei*.

Esto basta para que de la diferencia ascensional de un astro se pueda deducir su horario al tiempo de nacer ó de ponerse; y se manifestará mas adelante que esto mismo se puede averiguar mas generalmente sin necesidad de recurrir á la diferencia ascensional.

421. Tambien conviene tener muy presente que las com-

Digitized by Google

paraciones de los astros con la ecliptica (por su longitud y latitud) y con la equinoccial (por su ascension recta y declinacion) son absolutas: esto es, que no tienen dependencia del movimiento diurno de la Tierra, ni de la situacion de sus habitantes.

Así quando se dice v. g. que un astro tiene III signos y 9° de longitud, y 25° de latitud boreal, dicho astro tendrá la longitud y latitud expresadas (y la ascension recta y declinacion correspondientes) para todos los habitantes de la Tierra.

422. Las comparaciones de los astros con el horizonte, y con la equinoccial por medio del horario ó de la ascension oblicua, son relativas á los habitantes, y varían al paso que la Tierra va girando. Y aunque todas las posiciones se refieren al centro de la Tierra, en estas se supone el habitante trasladado á dicho centro paralelamente á sí mismo: esto es, con la cabeza y los pies dirigidos á los mismos puntos de la esfera celeste á que se dirigen suponiéndolo en pie en el punto de la Tierra en que se halla realmente.

Así el astro *R* (*fig.* 18.ª) está al mismo tiempo en el horizonte del habitante *z*, en el zenit del habitante *x*, y en el nadir del habitante *t*, &c.

423. En una palabra, los máximos de longitud, ascension recta, &c. y los paralelos de latitud, declinacion, &c. se mantienen paralelos á sí mismos, y no tienen mas movimiento que el de traslacion de la Tierra (que es cero respecto de las estrellas fixas, *art.* 64 *y sig.*) y los que resultan de las causas indicadas (*Art.* 69 *y sig.*).

424. Los verticales, meridiano, horarios, y quantos círculos penden del zenit y nadir del habitante, giran con él, describiendo cada uno de sus puntos unos círculos paralelos á la equinoccial: y por lo tanto, se acercan á unos astros, los encuentran con su movimiento, y se separan de otros, &c.

En la apariencia se manifiesta todo lo contrario: porque al observador, que cree estar fixo, le parecen fixos los círculos, líneas y puntos que se mueven con él, y movibles los que va observando en diferentes posiciones respecto de dichos términos de comparacion variables.

425. De lo dicho se sigue, que las intersecciones de la equinoccial con el horizonte y vertical primario se harán siempre en los mismos puntos de estos dos últimos círculos, y lo mismo se entiende de las intersecciones de to-

Digitized by Google

dos los círculos que penden del zenit y nadir, con la equinoccial y con sus paralelos.

426. Para mayor facilidad de las explicaciones, se puede imaginar un círculo máxîmo *EeD* (*fig.* 18.ª) con sus paralelos *Hg*, *ZV*, *lR*, &c. movibles con el habitante, y con esto se explican todos los fenómenos con la mayor sencillez, sin necesidad de suponer en los astros unos movimientos que no tienen en realidad.

1.º V. g. si se quieren determinar los astros á que corta visiblemente el vertical primario, basta atender á que la porcion visible de dicho vertical *Ze* solo puede encontrar á los astros comprehendidos entre la equinoccial *EeD* y el paralelo *ZV*. Luego solo podrán ser cortados visiblemente por el vertical primario los astros cuya declinacion *EI*, &c. sea menor que la latitud *EZ*, y de su misma especie.

2.º Ya se dedujo (*Art.* 168) quales son los astros que no nacen y quales son los que no se ponen: y para averiguar esto mismo por otro estilo, basta atender á que el horizonte *HR* (en virtud del movimiento diurno) no corta los astros colocados en los segmentos *HSg*, *RNl*. Los astros del primer segmento estarán siempre en la parte inferior del horizonte, y los del segundo en la superior. Pero *SH* es igual á la latitud del observador *z* (*Art.* 406) y lo mismo le sucede á *RN*: luego no se verán los astros cuyo complemento de declinacion (esto es cuya distancia al polo) sea menor que la latitud y de contraria especie; y no se ocultarán aquellos cuyo complemento de declinacion sea menor que la latitud y de su misma especie. Es evidente que el horizonte cortará á todos los demas: esto es, á los comprehendidos entre los paralelos *Hg*, y *Rl*, pues dichos paralelos terminan la faxa ó zona céleste que describe el horizonte *HR*.

A todos los astros situados en el paralelo *lR* los encontrará el meridiano inferior en *R* y el superior en *l*, &c.

3.º Esto basta para que qualquiera pueda reducir á la verdadera suposicion del movimiento de la Tierra quanto vea explicado por la suposicion falsa é inútil del movimiento de la esfera celeste.

427. Restá que digamos algo sobre el modo de construir con conocimiento y facilidad las figuras 17.ª y 18.ª, que pueden servir de guia para la rosolucion de muchos problemas interesantes.

Se puede suponer en la figura 17.ª, que el coluro de los solsticios *NESDN* es el círculo terminador; y en tal caso, la eclíptica, equinoccial, y coluro de los equinoccios se representarán por tres líneas rectas, que se cruzarán en el centro *c*; y se pueden omitir los trópicos y círculos polares.

Digitized by Google

428. Para que los semicírculos que se deben considerar en la parte anterior del papel sean aquellos á que se refiere el astro de que se trata, basta atender á que

1.° Si *N* es el polo del norte y *S* el del sur, el semicírculo anterior de la eclíptica *IcV* empezará por el primer punto de Capricornio *I*; el primer punto de Aries será *c*; el primer punto de Cáncer *V*; y la direccion *IcV* será la de occidente á oriente en el semicírculo anterior.

Es evidente que en este caso el polo del norte de la eclíptica (*e*) está á la izquierda del polo del Mundo (*N*).

2.° Si la recta que ha de representar la eclíptica se tira del punto *O* al punto *T*, corresponderá al centro *c* el primer punto de Libra; á *O* el de Cáncer; á *T* el de Capricornio: y *OcT* será la direccion de occidente á oriente en el semicírculo anterior.

Es evidente que en este caso el polo del norte de la eclíptica está en *b*, á la derecha del polo del Mundo *N*.

429. En quanto á la fig. 18.ª

1.° Si se quiere que el emisferio oriental corresponda á la parte anterior del papel, se colocará el polo elevado *N* á la derecha del zenit *Z*, como en dicha figura 18.ª: y en el semicírculo anterior de la equinoccial sera *EeD* la direccion de occidente á oriente.

2.° Si se quiere que corresponda á la parte anterior el emisferio occidental, se colocará el polo elevado *N* á la izquierda del zenit *Z*, como en la figura 19.ª: y en el semicírculo anterior de la equinoccial será la direccion de occidente á oriente *DoE*.

3.° Si se ofrece representar la eclíptica (*fig.* 19.ª) es menester saber, al poco mas ó ménos, en que punto de la equinoccial *DoE* está el primer punto de Aries ó el de Libra. Supongamos, por via de exemplo que es el primer punto de Aries *a*. Se tomará el arco *Dm* (hácia el sur) para representar la declinacion del punto de la elíptica correspondiente al punto *D* de la equinoccial. Se tomará otro arco igual *Ee* (hácia el norte) y el semióvalo *made* (cuyo exe mayor es *me*) representará el semicírculo anterior de la eclíptica: y *eufm* el posterior. El primer punto de Aries es *a*; el primer punto de Cáncer *d*; el de Libra *u*; y el de Capricornio *f*.

Por el mismo estilo se resolverá el problema en otro qualquier caso, atendiendo ante todas cosas, á qual es la direccion de occidente á oriente (*Art.* 360 *núm.* 1.°) y deduciendo despues qual es la porcion de la eclíptica que se ha de representar al norte, y qual es la que se ha de representar al sur de la equinoccial (*Art.* 360 *núm.* 2.°).

Digitized by Google

De las correcciones que deben hacerse á las alturas observadas de los astros.

430. Represente (*fig.* 20.ª) *c* el centro de la Tierra, *rxf* una seccion de su superficie hecha por el vertical del astro *a*, y *iunk* la extremidad de la atmósfera, que se considera dividida en varias capas concéntricas comprehendidas entre los arcos *ik*, *dg*, *zl*, &c. La capa primera es sumamente rara, y las demas van aumentando de densidad al paso que se acercan á la Tierra. El círculo *sm* representa una seccion del astro hecha por el mismo vertical; *o* el ojo del observador; *Z* su zenit; *cfH* el horizonte verdadero; *opb* el aparente; y *ot* el de la mar.

El rayo de luz *mn* (que á seguir directamente iria á parar al ojo del observador *o*) al llegar á la primera capa de la atmósfera en *n* empieza á doblarse (*Art.* 8, 9 y 10) y sigue doblándose mas y mas al paso que atraviesa capas mas densas, describiendo la curva *nx*: y así, el observador *o* no podrá ver el limbo *m* por medio de dicho rayo de luz *mnx*. Otro rayo *mu* (que á seguir directamente llegaria á *y* pasando por encima del observador *o*) describe por lo dicho la curva *uo*: y por lo tanto, el observador *o* verá el punto *m* en la direccion *om'* de la tangente á la curva *uo*.

431. De esto se sigue que el observador *o* verá el limbo inferior del astro *a* en *m'*: y para observar su altura en la mar se mide el ángulo *m'ot*, que forma la recta *om'* tirada á dicho limbo con la *ot*, tangente á la superficie de la mar. Esto es lo que se llama la *altura aparente del limbo inferior sobre el horizonte de la mar*: y como la altura verdadera es el ángulo *acH*, que forma la línea *ca* tirada del centro de la Tierra al del astro con el horizonte verdadero *cH*; está claro, que para reducir la altura aparente *m'ot* á verdadera *acH*, será menester hacer las correcciones siguientes.

1.° De *m'ot* se resta *bot* (que se llama *depresion de horizonte*) y resultará *m'ob*.

2.° De *m'ob* se resta *m'om* (que se llama *refraccion astronómica*) y resultará *mob*.

Digitized by Google

3. Al ángulo *mob* (interno del triángulo *mop*) se le agregará el otro interno *omc* (que se llama *paralaxe de altura*) y resultará el ángulo externo del triángulo *mpb* (*Geom. art.* 139). Este es igual á su interno *mcH* (por las paralelas *ob*, *cH*, *Geom. art.* 94).

4.° Al ángulo *mcH* se le sumará el ángulo *mca* (que se llama *semidiámetro horizontal*, ó *central*) y resultará la altura verdadera *acH*.

432. Si se hubiese observado la altura del limbo superior, esto es, el ángulo que forma la *ot* con la recta que va de *o* á *s'*, para acomodar la figura 20.ª á este caso deben salir de *s* las líneas que se han tirado desde *m*: y es evidente que las correcciones se aplicarán del mismo modo, excepto la de semidiámetro, que será subtractiva, para reducir el ángulo formado por la *cH* y la recta que va de *c* á *s* al *acH*.

433. Como el disminuir un ángulo equivale á aumentar su complemento, &c. si se aplican las correcciones al complemento de la altura, las aditivas se volverán subtractivas, y al contrario.

Si se quiere demostrar fundamentalmente que en este caso es subtractiva la paralaxe, basta advertir, que si á *moZ* (complemento de altura corregido de refraccion) se le resta la paralaxe *omc*, resultará *mcZ* (que es el complemento de la altura verdadera del punto *m*) por ser *moZ* externo del triángulo *moc* (*Geom. art.* 139).

434. Si la altura verdadera *acH* se quiere reducir á altura aparente del limbo inferior sobre el horizonte de la mar (*m'ot*) se seguirá un órden inverso, y se aplicarán las correcciones al reves; esto es, que se empezará restando el semidiámetro *acm*, &c.

435. Hay casos en que se necesita saber la distancia aparente central del astro al zenit. Para esto se supondrá (en la misma figura 20.ª) que *m* es el lugar verdadero del centro, y *m'* el aparente. Serán *e* y *e'* los lugares correspondientes del limbo inferior, y la distancia aparente central al zenit, que se pide, será *m'oZ*. Para hallarla y deducir seguidamente la altura verdadera

1.° De la altura aparente del limbo inferior sobre el horizonte de la mar *e'ot* se resta la depresion de horizonte *bot*, y resulta la altura aparente del limbo inferior sobre el horizonte sensible, *e'ob*.

Digitized by Google

2.° A *e'ob* se le suma *e'om'* (que se llama *semidiámetro en altura*) y resultará la altura aparente central sobre el horizonte sensible, *m'ob*.

3.° El complemento de *m'ob* (esto es *Zob—m'ob*) será la distancia aparente central al zenit *m'oZ*.

4.° Si la altura es del limbo superior *a'ot*, la correccion de semidiámetro *a'om'* es subtractiva.

5.° Despues, de *m'ob* se resta la refraccion *m'om*, y resulta *mob*.

6.° Al ángulo *mob* (interno del triángulo *mop*) se le suma la paralaxe de altura *omc*, y resulta el externo *mpb* =*mcH*, que es la altura verdadera del centro, que se ha supuesto en *m*.

436. Si dada la altura verdadera del centro *mcH* (suponiendo el centro en *m* &c.) se quiere hallar la distancia aparente central al zenit *m'oZ*., de la altura verdadera central *mcH=mpb*, se restará la paralaxe *omc*, y resultará *mob*. A *mob* se le agregará la refraccion *mom'* y resultará *m'ob*, altura aparente central sobre el horizonte aparente, que restada de 90° dará la distancia aparente central que se pide *m'oZ*.

437. Para observar las alturas en tierra, usan los Astrónomos del quadrante *meu* (*fig.* 21.ª) graduado de *m* hácia *u*, de suerte que en *m* está puesto el cero, y los 90° en *u*. Colocan el lado *cu* segun la vertical *zp* por medio de un aplomo *zp*, con lo que queda *cm* horizontal: ó bien colocan dicho lado horizontal por medio de un nivel.

El ojo del observador recorre el limbo graduado *meu*, para colocarse en *e*, de suerte que la visual *eca* (que pasa por el centro *c*) se termine en el astro *a*, cuya altura sobre el horizonte sensible será *acb=mce*, que es igual al arco *me*: y así, el grado que esté escrito en *e* indicará dicha altura.

438. En este caso no se corrige la altura de depresion, puesto que el observador mide (*fig.* 20.ª) el ángulo *m'ob*. Pero estos instrumentos (que son susceptibles de mucha mas exâctitud que los marinos) no se pueden usar á bordo de las embarcaciones, que rarísima vez dexan de tener algun movimiento.

La extension que nos hemos propuesto dar á este tratado no nos permite el exponer todo lo necesario para el manejo de los

Digitized by Google

quartos de círculo con anteojos, cuyo uso y ventajas no pueden entenderse sin muchos principios de óptica. De los instrumentos marinos con espejos (que se llaman *octantes*, *sextantes*, ó *quintantes de reflexion*, segun la extension de su arco) se trata en la Navegacion. Dichos instrumentos sirven para observar las alturas de los astros sobre el horizonte de la mar.

439. Dada la idea general de las correcciones que deben aplicarse á las alturas, resta el especificar lo relativo á cada una de ellas.

440. Es evidente que la refraccion astronómica (*fig.* 20.ª) es el ángulo *mom'*, formado en el ojo del observador por la recta tirada á un punto del astro y la tangente á la curva de refraccion del rayo que viene de dicho punto.

441. Como la tangente *uT* indica la direccion de la capa superior de la atmósfera en *u* (*Esf. art.* 86) y el radio *cu* es perpendicular á dicha tangente, (*Geom. art.* 111): está claro que el ángulo de incidencia (*Art.* 3 *núm.* 2.°) es *muV*. Esto es, que el ángulo de incidencia en cada capa, es el que forma el rayo de luz que viene del astro con la vertical correspondiente al punto en que la encuentra: y como los ángulos que las rectas que vienen del astro forman con las verticales disminuyen al paso que son mayores las alturas de dicho astro; es evidente que las refracciones disminuirán al paso que aumenten las alturas (*Art.* 6).

442. La refraccion máxîma será la que tiene un astro que se ve en el horizonte; y dicha refraccion, que se llama *horizontal*, es de unos 33'.

443. Quando un astro se halla en el zenit, es cero su ángulo de incidencia, y por consiguiente será cero su refraccion.

444. Por causa de la refraccion, aparecen los astros mas elevados de lo que están en realidad, pero aparecen en el mismo plano vertical en que se hallan: y por lo tanto, la refraccion aumenta las alturas y no altera los azimudes.

445. Tambien es evidente que ninguna dependencia tiene la refraccion de las distancias de los astros; puesto que siendo el mismo el ángulo de incidencia de los rayos de luz que salen de qualquier punto de la *muy*, deberán sufrir todos ellos una misma refraccion.

446. De aquí se deduce que (en todo rigor) la refraccion pende de la altura aparente *mob*: esto es, de la altura no corregida de paralaxe.

Digitized by Google

447. La refraccion aumenta y disminuye al paso que aumenta y disminuye la densidad de la atmósfera: y estos aumentos y diminuciones provienen de dos causas.

1.° De un aumento ó diminucion en el peso de la atmósfera (que se conoce por el *barómetro*) porque las capas inferiores se condensan al paso que tienen que soportar mas peso, y se dilatan quando dicho peso disminuye (*Art.* 10).

La altura media del barómetro en la superficie de la mar es de 28 pulgadas de Paris, que corresponden á cerca de 29'9 de Lóndres.

2.° De una diminucion ó aumento de calor (que indica el *termómetro*) porque el calor dilata los cuerpos, los quales se condensan con el frio (que es la privacion de calor).

La altura media del termómetro segun la division de Reaumur es de 10 grados, que corresponden á 55 grados en la de Farenheit.

3.° Las tablas están construidas para un estado medio de la atmósfera: y así, quando el barómetro está mas alto se les deberá aplicar una correccion aditiva, y subtractiva quando está mas baxo: y lo contrario sucede con la correccion por el termómetro.

4.° Como estas correcciones, que han de aplicarse á las refracciones de las tablas, son proporcionales á las refracciones medias correspondientes, serán tanto menores quanto mas pequeñas sean estas; esto es, quanto mayores sean las alturas de los astros. Por esta razon es lo mas seguro (para evitar incertidumbres) el no servirse de alturas inmediatas al horizonte para observaciones delicadas. En la altura de 10° ya no tienen mucho influxo dichas diferencias.

448. Es evidente que la paralaxe de altura (*fig.* 20.ª) *omc* es el ángulo formado por las dos rectas que salen de un punto del astro y se terminan en el ojo del observador y el centro de la Tierra.

Por causa de la paralaxe aparecen los astros mas baxos de lo que están, pero en el mismo vertical en que se hallan realmente, suponiendo que la línea vertical (*fig.* 8.ª) *ai* pasa por el centro de la Tierra *c*. Luego el astro aparecerá en el mismo vertical en que se veria desde el centro: esto es, que la paralaxe no causará alteracion en el azimut en dicho caso.

Digitized by Google

449. El observador (*fig.* 20.ª) colocado en *o* refiere el punto *m* del astro al punto *N* del cielo; y desde el centro *c* de la Tierra se refiere á *M*. El ángulo *McN* ó arco *MN* (que es la diferencia entre el lugar verdadero y aparente del astro en la esfera celeste) es igual á *MmN* ménos *N* (*Geom. art.* 139): y como *N* es cero (*Art.* 65) es evidente que *MN=McN* es igual á *MmN=omc*. Esto es, que la paralaxe es la distancia que hay en la esfera celeste entre los lugares del astro visto desde el centro y desde la superficie de la Tierra.

450. Por lo regular son distintas las longitudes, latitudes, ascensiones, &c. de los lugares verdadero y aparente del astro en la esfera celeste; y de esto resultan las paralaxes en longitud, latitud, &c. Todas ellas dimanan de la paralaxe de altura, que es la única que se necesita considerar en los cálculos ordinarios de la Navegacion.

451. La paralaxe de un astro respecto de un observador que lo tiene en el horizonte se llama *paralaxe horizontal*: y se llama *paralaxe de altura* la que tiene un astro respecto del observador que lo ve elevado sobre el horizonte.

Si (*fig.* 22.ª) es *S* un astro, *c* el centro de la Tierra, y *bam* una seccion de su superficie hecha por el vertical *bSc*, el observador *b* tendrá al astro en su horizonte aparente *bS*, el observador *a* lo tendrá en el complemento de altura aparente *Saz*, y el observador *m* en el zenit.

Será pues *bSc* la paralaxe horizontal del astro *S*, y *aSc* será su paralaxe de altura.

452. La figura 22.ª manifiesta que la paralaxe horizontal *bSc* es la máxîma; y que disminuye al paso que las alturas aumentan, hasta reducirse á cero en el zenit.

453. Interesa averiguar la relacion que hay entre las alturas y las paralaxes de un mismo astro. Para esto

1.° Se llamará *P* la paralaxe horizontal (*fig.* 22.ª) *bSc*; *p* la paralaxe de altura *aSc*; *s* el radio ó semidiámetro de la Tierra *cb*, *ca*, &c.; *D* la distancia *Sc* del astro al centro de la Tierra; y *a* la altura aparente, cuyo complemento es *Saz*.

2.° En el triángulo *Scb*, rectángulo en *b*, es (*Geom. art.* 290) *Sc* : *cb* : : *R* : *sen. bSc* : esto es *D* : *S* : : *R* : *sen. P*.

3.° En el triángulo oblicuángulo *Sca* es (*Geom. art.* 292) *Sc* : *ca* : : *sen. Sac* : *sen. aSc* : esto es, *D* : *s* : : *sen. Sac* : *sen. p*.

Pero el seno de *Sac* es igual al de su suplemento *Saz*, y *Saz* es complemento de la altura aparente; luego se-

Digitized by Google

rá *sen. Sac=sen. Saz=cos. a*, y por consiguiente será *D : s : : cos. a : sen. p.*

4.° Pero se halló (*núm.* 2.°) *D : s : : R : sen. P*,

Luego, por tener estas dos proporciones sus dos primeras razones iguales, estarán sus segundas razones en proporcion (*Arit. art.* 443) y será *R : cos. a : : sen. P : sen p.*

454. Esto es, que el radio es al coseno de la altura aparente de un astro, como el seno de la paralaxe horizontal al seno de su paralaxe de altura. Proporcion de muchísimo uso, que debe retenerse en la memoria.

En ella se pueden substituir las paralaxes mismas en lugar de sus senos, porque los senos de los arcos muy pequeños se confunden con dichos arcos. Pero como en la Académia se hace uso da las tablas de Gárdiner, en que están de 1″ en 1″ los senos de los arcos pequeños, es mas cómodo el dexar los senos en la proporcion.

455. Para averiguar la relacion que tienen las paralaxes correspondientes á una misma altura aparente con las distancias de los astros al centro de la Tierra, supóngase (*fig.* 22.ª) que en *o* hay un astro, cuya paralaxe respecto del observador *a* llamarémos *p′*, y *d* su distancia *oc* al centro de la Tierra, y se hallará como ántes (*Art.* 453 *núm.* 3.°) *d : s : : cos. a : sen. p′.*

Comparando esta proporcion con la hallada en dicho número *D : s : : cos. a : sen. p*

se ve que por ser iguales sus términos medios estarán sus extremos en razon recíproca (*Arit. art.* 442) y por lo tanto será *D : d : : sen. p′ : sen. p.*

Esto es, la primera distancia á la segunda, como la segunda paralaxe á la primera.

456. Luego, en iguales alturas aparentes, estarán entre sí las paralaxes en razon inversa de las distancias de los astros al centro de la Tierra.

457. Alternando la proporcion deducida (*Art.* 453 *num.* 3.°) *D : s : : cos. a : sen. p*, resulta *D : cos. a : : s : sen. p*, que manifiesta que á iguales distancias (*D*) y alturas (*a*), están los senos de las paralaxes (*p*) en razon directa de los semidiámetros (*s*). Pero (*fig.* 8.ª) el semidiámetro de la equinoccial *ec* es el mayor de todos (*Art.* 74, 75, 76 y 125): luego las mayores paralaxes serán las correspondientes á los habitantes del equador, que se llaman *paralaxes equatoriales*: y para reducirlas á las correspondientes á otro habitante *a* será menester aplicarles una correccion subtractiva, que pende de la diferencia que hay entre *ec* y *ac*.

1.° Si las paralaxes correspondientes á los habitantes de una la-

Digitized by Google

titud, se quieren reducir á otra latitud mayor ó menor, se les deberá aplicar una correccion, subtractiva en el primer caso y aditiva en el segundo.

458. Si se tira (*fig.* 8.ª) la *ci* perpendicular á la vertical *au*, estará dicha *ci* en el plano del meridiano y del horizonte racional del habitante *a*: y será *ac=ai* con cortísima diferencia.

La figura 20.ª manifiesta que aplicando la correccion de paralaxe, se reduce la altura observada en *o* á la que se observaria en un punto de la vertical *Zoc* correspondiente al punto *i* de la fig. 8.ª, y no al centro *c* de la misma.

El astro se verá desde *i* en distinta altura y distinto azimut que desde el centro de la Tierra *c* (*fig.* 8.ª). De esto resulta, que no basta la correccion indicada (*Art.* 457) para reducir al centro de la Tierra las posiciones observadas en la superficie, por medio de la paralaxe.

Por no abultar este tratado omitimos el cálculo de la correccion de la paralaxe de altura, y la *paralaxe de azimut*, que resultan de la distancia que hay entre el punto *i* y el centro de la Tierra *c*. Estas correcciones se suelen omitir en los cálculos náuticos, sin embargo de que en la Luna puede pasar de 17'' la primera; y lo mismo le sucede á la segunda contando dicha cantidad en un arco de círculo máximo perpendicular al vertical. Para los demas astros son absolutamente insensibles estas dos correcciones, y la del artículo 457.

459. El semidiámetro de un astro *c* (*fig.* 22.ª) es el ángulo *cSb*, formado por la recta *Sc* que pasa por el centro del astro *c*, y la *Sb*, tangente á la superficie en *b*.

1.° El semidiámetro se llama *central* quando el vértice del ángulo *S* es el centro de la Tierra; y *de altura* quando se considera el ojo del observador en dicho vértice *S*.

460. Interesa el investigar la relacion que tienen entre sí los semidiámetros de un mismo astro con sus distancias al vértice. Para esto llamarémos *r* al radio del astro *cb*; *D* su distancia *cS* al punto *S*; *s* al semidiámetro *cSb* correspondiente á dicha distancia; *d* su distancia *cn* al punto *n*; y *s'* al semidiámetro *cnb* correspondiente. Esto supuesto

1.° En el triángulo *Scb*, rectángulo en *b*, será (*Geom. art.* 290) *Sc* : *cb* :: *R* : *sen. cSb* : esto es, *D* : *r* :: *R* : *sen. s*.

2.° Por igual razon, en el triángulo *ncb* será *nc* : *cb* :: *R* : *sen. cnb* : esto es, *d* : *r* :: *R* : *sen. s'*.

3.° Por ser iguales los medios de esta proporcion y la anterior, estarán sus extremos en razon recíproca (*Arit. art.* 442). Será pues, *D* : *d* :: *sen. s'* : *sen. s* : esto es,

Digitized by Google

la primera distancia á la segunda, como el segundo semidiámetro al primero.

4.° Luego estarán entre sí los semidiámetros, de un mismo astro, en razon inversa de sus distancias al vértice.

461. De este principio se deduce el modo de determinar la relacion que hay entre el semidiámetro central y el de altura.

Para esto represente *c* el centro de la Tierra en la figura 22.ª y supóngase colocado en *S* el astro de que se trata. La distancia *Sb* del astro al observador *b*, que lo tiene en el horizonte sensible, es con cortísima diferencia igual á la distancia central *Sc*.

En efecto, la distancia *Sb* del astro á dicho observador es poco menor que la central *Sc* (por ser *Sc* hipotenusa del triángulo *Scb*): y la distancia *Si* del astro al observador *i*, que lo tiene en su horizonte verdadero *cS*, es poco mayor que la central *Sc* (por ser rectángulo en *c* el triángulo *Sic*): esto es, que *Sb* es poco menor y *Si* poco mayor que *Sc*; y como *bi=bSc* (*Art.* 15) es quando mas poco mayor que 1° (que viene á ser $\frac{1}{57}$ de *bc*) está claro que tanto *Sb* como *Si* apénas difieren de *Sc*.

1.° De esto se sigue que el semidiámetro de un astro, respecto al ojo del observador que lo tiene en su horizonte, es igual al central: y por esta razon se da comunmente el nombre de *semidiámetro horizontal* al semidiámetro central.

2.° La distancia *Sa* del astro al observador *a*, que lo ve elevado sobre el horizonte, es menor que *Sc*: y en general, las distancias del astro al ojo del observador disminuyen al paso que disminuye el ángulo *acS* (*Geom. art.* 151): esto es, al paso que disminuyen los complementos de las alturas, ó lo que es lo mismo, al paso que las alturas aumentan.

3.° Luego (*Art.* 460 *núm.* 4.°) el semidiámetro de altura de un astro debe aumentar al paso que aumenten sus alturas.

Esta es la razon porque dado el semidiámetro central de un astro se le debe aplicar una corta correccion aditiva para obtener su semidiámetro de altura.

4.° Esta correccion depende de la altura del astro, de su semidiámetro horizontal, y de su distancia absoluta al centro de la Tierra, y solo es sensible en la Luna.

5.° Para deducir la razon del semidiámetro central al de altura,

Digitized by Google

se llamará el primero s y el segundo s': y por lo establecido (*Art.* 460 *núm.* 4.º) será (*fig.* 22.ª) $Sa : Sc :: s : s'$: pero es (*Geom. art.* 292) $Sa : Sc :: sen.\ Sca : sen.\ Sac$: esto es (*Art.* 453 *núm.* 3.º) $Sa : Sc ::$ *coseno de altura verdadera* : *coseno de altura aparente* : luego substituyendo esta segunda razon en vez de la de $Sa : Sc$ en la proporcion $Sa : Sc :: s : s'$, resultará que

6.º El coseno de la altura verdadera es al coseno de la altura aparente de un astro, como su semidiámetro central á su semidiámetro de altura. Bien entendido que por altura aparente se entiende la corregida de refraccion, y de depresion si fuese necesario.

7.º Este método no se puede aplicar en el caso de hallarse un astro en el zenit: pero es evidente que en tal caso es la distancia Sm menor que la central Sc en todo el radio de la Tierra mc, que para la Luna viene á ser $\frac{1}{60}$ de Sc. Será pues el semidiámetro de la Luna en el zenit mayor que el central en cosa de $\frac{1}{60}$: que suponiendo el central de $15'$ es $\frac{1}{60}$ de $15' = \frac{15}{60}$ de $1' = \frac{1'}{4} = 15''$ (*Arit. art.* 213). Por esta razon es poco mayor que $15''$ el mayor aumento del semidiámetro central de la Luna.

8.º Para el Sol apénas es mc $\frac{1}{23000}$ de Sc (*Art.* 24 *núm.* 3.º) y por lo tanto, son absolutamente insensibles los aumentos de su semidiámetro de altura.

462. Aunque la correccion de depresion es la primera que debe aplicarse á la altura aparente, hay que hacer sobre ella algunas advertencias que no se entenderian sin haber tratado ántes de la refraccion.

463. La depresion de horizonte *bot* (*fig.* 23.ª) es el ángulo formado por el horizonte sensible *ob* y la tangente *ot* á la superficie de la mar. Por causa de la depresion aparecen los astros mas elevados de lo que están realmente, y por lo tanto dicha correccion es subtractiva de las alturas.

464. La depresion *bot* as igual al ángulo *oct* formado por la vertical del observador y el radio de la Tierra tirado al punto del contacto, por ser ambos complementos de *toc* (*Geom. art.* 68, 111 y 135).

465. De esto se sigue que la depresion de horizonte es tambien igual al arco *rt*: y lo que viene á ser lo mismo, á la longitud de la tangente *ot* reducida á minutos y segundos, á razon de unos 6660 pies de Burgos por minuto (*Art.* 128) porque la diferencia entre *rt* y *ot* solo es de $1''$, aun quando la elevacion del ojo del observador *ro* es de una milla.

466. De aquí resultan dos modos de hallar la depresion.

Digitized by Google

1.° Buscando el ángulo *oct* del triángulo *cto*, rectángulo en *t*, en el qual se conoce el radio *ct* (que consta de unos 22895000 pies de Burgos) y la hipotenusa *co* (igual al mismo radio *cr* mas la elevacion del ojo del observador sobre la superficie de la mar *ro*).

La analogía es (*Geom. art.* 290) *el radio de la Tierra mas la elevacion del ojo del observador* (*co*), *es el radio de la Tierra* (*ct*); *como el Radio al coseno de la depresion* (*oct=bot*).

Pero este método no sirve quando las elevaciones del ojo del observador son muy pequeñas, por lo dicho (*Esf. art.* 213).

2.° Calculando la extension de la tangente *ot*, que es media proporcional entre el diámetro de la Tierra mas la elevacion *ro* y la elevacion *ro* (*Geom. art.* 183), y reduciendo la *ot* á minutos y segundos.

3.° Por el segundo método se debe multiplicar el diámetro de la Tierra mas *ro* por *ro*, y extraer la raiz quadrada del producto (*Arit. art.* 325 *núm.* 4.°). Pero por quanto *ro* (aunque sea de una milla) es muy pequeña respecto del diámetro de la Tierra, bastará multiplicar este por *ro*, y extraer la raiz quadrada del producto. Con esto se obtendrá la tangente *ot* en pies de Burgos, y se reducirá á millas y décimos de milla partiéndola por 6660.

467. El que tenga presente lo establecido en la Aritmética (*Arit. art.* 427 y 430) verá que todo esto se executa facilísimamente por medio de los logaritmos como sigue.

Búsquese en las Tablas el logaritmo del radio de la Tierra en pies de Burgos, que (*Art.* 466 *num.* 1.°) es 7'35974; el de 2, que es 0'30103: súmense, y de dicha suma tómese la mitad, que es 3'83038, que se sumará con el complemento aritmético del logaritmo de una milla en pies de Burgos, que (*Art.* 465) es 6'17653, y quitando 10 unidades de la característica resultará el logaritmo 0'00691. Este logaritmo sumado con la mitad del logaritmo de la elevacion del ojo del observador en pies de Burgos, dará el logaritmo de la tangente *ot*, que buscado en las tablas manifestará en millas y décimos de milla el valor de dicha tangente: ó lo que es lo mismo, manifestará en minutos y décimos de minuto el valor de la depresion *bot=oct=ot*.

468. Se hace preciso atender á que la densidad de la capa de la atmósfera inmediata á la superficie de la mar debe ser algo mayor que la densidad de la que está á la altura del ojo del observador (*Art.* 10). Y aunque dicha diferencia de densidad es sumamente pequeña, como el ángulo de incidencia *otc* es recto, produce una refraccion

Digitized by Google

sensible (*Art.* 7): de suerte que los rayos de luz, que vienen de la mar al ojo del observador, describen unas curvas.

De esto resulta, que un rayo de luz *neo*, que viene de un punto *n* mas allá del punto de contacto *t*, describiendo la curva *neo* llega al ojo del observador: y así, este verá el último punto de la mar *n* en la direccion *ou* de la tangente á dicha curva (*Art.* 2 *núm.* 2.°).

469. Luego, á la depresion *not*, calculada por los métodos anteriores (*Art.* 466 *y* 467) se le deberá restar el ángulo *uot*, que se llama *la refraccion terrestre*; y viene á ser $\frac{1}{14}$ del valor del arco *rtn*. En las mejores tablas está hecha esta correccion.

470. De aquí se infiere que para obtener la depresion *bou*, con que se han de corregir las alturas, se deben tomar los $\frac{13}{14}$ de la *bot*, que resulta por las reglas dadas (*Art.* 466 *y* 467). Esto es, que al logaritmo constante o'00691 se deben agregar el de 13 y el complemento aritmético del de 14, y quitar 10 de la característica. En esto se funda la siguiente regla para hallar la depresion.

Tómese la mitad del logaritmo de la elevacion del observador en pies de Burgos y súmese con el logaritmo constante — 10+9'97473, y el número correspondiente á dicha suma será la depresion en minutos y decimales de minuto.

V. g. Supongamos que se quiere calcular la depresion correspondiente á 56 pies de Burgos, que equivalen á 48 de Paris.

La mitad del log. de 56 es.....		+o'87409
El log. constante es.....	— 10	+9'97473
Suma ó log. de 7'0603.....		+o'84882

Serán pues 7' '06 = 7' + 04'' la depresion.

471. Si un astro se ve por medio del rayo de luz *neo* (*fig.* 23.ª): esto es, si un astro se ve tangente á la superficie de la mar, hasta el punto *n* ha sufrido ya la refraccion horizontal, de unos 33'; y de *n* á *o* padece la terrestre, que es $\frac{1}{14}$ de la depresion. En general, todo astro que se ve debaxo del horizonte sensible, sufre una refraccion terrestre, que es $\frac{1}{14}$ de su depresion aparente respecto de dicho horizonte: que viene á ser 4'' por cada minuto de depresion aparente. De suerte que si se ve un astro depreso 8', su refraccion será 33' + 32'' y no 33'; lo qual manifiesta que se puede cometer un error de mas de medio minuto despreciando dicha correccion.

472. La figura 23.ª manifiesta que la refraccion terrestre, al paso que disminuye la depresion, aumenta la distancia al último punto visible de la mar: y por lo tan-

Digitized by Google

to, si se supusiese que la depresion con que se han de corregir las alturas observadas es igual á dicha distancia, se cometeria un doble error. En efecto la depresion *bou* es menor que *ot*, y *rtn* es mayor.

473. Resta que digamos el modo de determinar dicha distancia *rtn* (corregida de refraccion) que apénas difiere de la *na*, tangente comun á la curva de refraccion y á la superficie de la mar en *n*.

1.º Para esto se ha de tener presente que la curva de refraccion *neo* se confunde con un arco de círculo cuyo radio es siete veces mayor que el radio de la Tierra *cn*: y que las separaciones de las tangentes *oa*, *ra*, están entre sí en razon inversa de los radios de los arcos *no*, *nr*.

Será pues *oa*: *ra*: : 1 : 7 : esto es, que *oa* será $\frac{1}{7}$ de *ra*: ó lo que es lo mismo, $\frac{1}{6}$ de *ro*.

2.º Luego si se halla la longitud de la tangente *an*, que corresponde á una elevacion *ra* mayor que la dada *ro* en $\frac{1}{6}$, se tendrá la distancia que hay del ojo del observador *o* al último punto visible de la mar. Para esto servirá la regla dada (*Art.* 467) introduciendo en ella, en vez de la verdadera elevacion dicha elevacion aumentada en $\frac{1}{6}$: esto es, multiplicada por $\frac{7}{6}$: ó lo que es lo mismo, introduciendo en vez de la raiz quadrada de *ro*, la raiz de *ro* multiplicada por la de $\frac{7}{6}$.

3.º Esto equivale á decir, que al logaritmo constante (*Art.* 467) 0'00691 se ha de agregar la mitad del logaritmo de $\frac{7}{6}$: esto es, la mitad de la diferencia que hay entre los logaritmos de 6 y 7, que es 0'03348, para obtener el logaritmo constante 0'04039. Será pues muy fácil el hallar la distancia que hay del ojo del observador al último punto visible de la mar por la siguiente regla.

4.º Tómese la mitad del logaritmo de la elevacion del observador sobre la superficie de la mar en pies de Burgos: agreguésele el logaritmo constante 0'04039, y el número correspondiente á la suma de estos logaritmos manifestará la distancia *on* que se pide, en millas y decimales de milla.

V. g. Supongamos que se quiere calcular la distancia que hay desde el ojo del observador, elevado 56 pies de Burgos, al último punto visible de la mar, atendiendo al efecto de la refraccion.

La mitad del logaritmo de 56 es.....0'87409
El logaritmo constante es.....0'04039

Suma, ó logaritmo de 8'213.....0'91448

Será pues 8'213 millas la distancia que se pide, que equivale á cerca de 8'+13''. Esta distancia difiere 1'+9'' de la depresion correspondiente 7'+4'', que se halló en el artículo 470.

474. En la coleccion de tablas para el uso de la Académia de Guardias Marinas, impresa en Murcia el año de 1791 se supuso (por equivo-

Digitized by Google

cacion) que el radio del arco de la curva que describe el rayo de luz era catorce veces mayor que el de la Tierra, y de aquí resultó un error en la regla y en la tabla calculada por medio de ella. El Alférez de Fragata Don Francisco Lopez advirtió dicho error, y halló otro método para calcular las depresiones de horizonte y las distancias al último punto visible de la mar. Uno y otro se ha publicado sin demostracion en el Almanaque Náutico del presente año de 1795, (impreso en Madrid á fines de 1794) página 207; con las tablas correspondientes, página 198.

Por las reglas dadas (*Art.* 470 y 473 *num.* 4.°) se obtendrán los mismos resultados en elevaciones cortas, y para las elevaciones que pasen de media milla son preferibles por su exactitud los métodos de Lopez. Omitimos su demostracion porque la del segundo método no se puede entender sin tener algun conocimiento de las equaciones.

475. Para un observador colocado en *e* seria tambien *n* (*fig.* 23.ª) el último punto visible: y el observador *o* verá dicho punto en la misma direccion que el horizonte de la mar. La distancia *oe* entre ambos puntos es igual á *on—en*: esto es, á la distancia del último punto visible correspondiente á la elevacion *ro* ménos la correspondiente á la elevacion *xe*.

Si el objeto *s*, que se ve segun la tangente á la superficie de la mar *oens*, está mas allá de *n*, será la distancia *ons=on+ns*: esto es, igual á la distancia al último punto visible correspondiente á la elevacion *ro* mas la correspondiente á la elevacion *zs*.

En esto se funda el método de medir en la mar las distancias entre dos buques, siempre que se conozca la altura que hay desde la lumbre del agua al ojo del observador colocado en el primero, y la elevacion del punto del segundo que dicho observador ve segun la tangente á la superficie de la mar.

476. Quando las distancias no son muy cortas es suficientemente exacto este método, siempre que se procure que ninguno de las dos puntos *o* y *s*, ú *o* y *e*, tenga ménos de diez pies de elevacion: y merece tanta mas confianza quanto mayor es la altura del punto ménos elevado de los dos.

Para este objeto hay dos tablitas en las señales del Excelentísimo Señor Don José de Mazarredo. La primera manifiesta las distancias al último punto visible correspondientes á varias elevaciones; y en la segunda se expresan las elevaciones de los puntos principales del casco y arboladura de nuestras embarcaciones de guerra de varios portes.

Si un observador descubre el reverbero de la Torre de Cádiz desde una elevacion conocida sobre el alcazar ò toldilla de un Buque, y no lo ve desde otra elevacion menor, con este dato y la elevacion del reverbero podrá saber su distancia á dicho punto, con diferencia de unos dos décimos de milla.

Digitized by Google

De las tablas astronómicas.

477. Las tablas astronómicas se pueden reducir á tres clases principales.

1.° Las tablas perpetuas de los movimientos de los cuerpos celestes; por medio de las quales se hallan para un instante qualquiera los lugares de dichos cuerpos y las demas cantidades que penden de ellos, como la equacion del tiempo (*Art.* 247) y los semidiámetros y paralaxes.

2.° Las tablas del Almanaque Náutico, que manifiestan los lugares de los cuerpos celestes, y las demas cantidades que dependen de ellos, para determinadas horas de los dias de un año determinado.

3.° Las tablas invariables: esto es, las que no dependen del tiempo, como las de depresion de horizonte, refraccion, &c. que suelen colocarse al fin de los Almanaques; y de ellas hay varias colecciones sueltas.

478. Las tablas de la segunda y tercera clase son las únicas de que se hace uso en los casos ordinarios de la Navegacion. Para no abultar mucho este tratado nos ceñirémos á explicar el manejo de las mas interesantes, empezando por las del Almanaque, en las quales suelen ser los datos las horas del meridiano para que están construidas. Toda la dificultad está en hallar los lugares de dichos astros, y las demas cantidades dependientes, para qualquiera hora de qualquier meridiano cuya diferencia de longitud con el de las tablas sea conocida. Para esto se debe tener presente lo enseñado en la Aritmética (*Arit. art.* 433) sobre el uso de las tablas en general: y para mayor facilidad se añadirán aquí algunas advertencias.

1.° Quando los datos son los tiempos se pueden llamar *épocas*: y los datos ó épocas de las tablas del Almanaque, suelen ser los medios dias aparentes del meridiano para que están construidas, en las del Sol; y los medios dias y medias noches en las de la Luna.

2.° Siempre que la 3.ª diferencia sean horas, es menester ante todas cosas reducir la dada ó supuesta para el lugar del observador á hora del meridiano de las tablas (*Art.* 149): y esta hora se llamará *hora reducida*. Así, quando se trate de estas tablas y el dato conocido sea el tiempo, se dirá *hora reducida* en vez de *dato conocido*; y *épocas* en vez de *datos* en la regla dada (*Arit. art.* 433).

Digitized by Google

3.° Si se trata del Sol, se puede hacer uso del Almanaque construido para un año qualquiera para hallar los resultados correspondientes á otro año dado, teniendo presente lo dicho (*Art.* 326): y para introducir en dichas fórmulas la reduccion de hora, á fin de executar todas las operaciones de una vez, se llamará *h* la diferencia de longitud en tiempo entre el meridiano del lugar cuya hora se conoce y el de las tablas: y en tal caso, si el Almanaque es de año anterior será la fórmula general para hallar la hora reducida $R=+H-6hor.\times n+11'\times n+24hor.\times b+h$.

Si el Almanaque es de año posterior será la hora reducida $R'=+H'+6\ hor.\times n-11'\times n-24\ hor.\times b+h$.

En ámbas fórmulas se tomará el signo superior de *h* si el lugar cuya hora *H* ó *H'* se conoce está al oeste, y el inferior si está al este del meridiano de las tablas.

479. Resta que digamos lo que se debe practicar en el caso que se apuntó en la Aritmética (*Arit. art.* 462): esto es, quando son muy desiguales las diferencias entre tres resultados correspondientes á tres datos equidistantes; lo qual se verifica en las tablas de longitud, latitud, ascension y declinacion de la Luna.

Lo primero que se debe hacer, para hallar el resultado correspondiente á un dato intermedio en semejantes circunstancias, es hallar la *segunda diferencia media*, ó *desigualdad de los resultados*, por el método siguiente.

1.° Escríbanse en columna los resultados correspondientes á los dos datos que comprehenden el dato conocido: poniendo el signo negativo al segundo resultado si es de especie contraria á la del primero.

2.° Escríbase encima del primer resultado el correspondiente al dato anterior al primero: con signo negativo si es de contraria especie.

3.° Escríbase debaxo del segundo resultado el correspondiente al dato posterior al segundo: con signo negativo si es de especie contraria á la del primero.

4.° Réstese cada uno de estos datos de su inmediato inferior, observando las reglas de los signos (*Arit. art.* 85): y escríbanse las diferencias en otra columna á la derecha. Con esto resultan en dicha segunda columna tres diferencias; y la de enmedio es la que sirve para hallar la correccion por la regla dada (*Arit. art.* 433).

Digitized by Google

5.° Réstese, en los mismos términos, cada una de estas diferencias de su inmediata inferior; y escríbanse los dos resultados, que se suelen llamar segundas diferencias, en una tercera columna.

6.° Súmense dichas dos diferencias últimas segun la regla general (*Arit. art.* 82). Tómese la mitad de dicha suma, y el resultado es lo que se suele llamar *segunda diferencia media*; y nosotros lo llamarémos *desigualdad*.

480. Para aclarar esta regla con un exemplo, supóngase que la hora reducida son las 3 horas ... 36'... 23'' de la tarde del dia 21 de Junio del año 1795; y que se pide la declinacion de la Luna para dicha hora: y se supone que la cuenta es la astronómica. Es evidente que el mediodia del dia 21 será la primera época, y la media noche del mismo la segunda: y por lo tanto, para hallar la desigualdad de los resultados se deberá proceder como sigue.

Epocas.	*Resultados.*	1.ª *dif.*	2.ª *dif.*	*desigual.*
Dia 20 á media noche.	16° . . 02′			
		1° . 43′		
Dia 21 á mediodia. . . .	14 . . 19		—09′	
		—1 . 52		7′ ′5
Dia 21 á media noche.	12 . . 27		—06	
		—1 . 58		
Dia 22 á mediodia. .	10 . . 29			

Será pues en este caso 1°...52′ la diferencia de resultados de que se ha de hacer uso para hallar la primera correccion (*Arit. art.* 433): y — 7′ ′5 será la desigualdad de resultados, que en segundos es 450″.

481. En este caso particular de expresarse los resultados en grados, minutos, &c. y ser los datos las épocas de 12 en 12 horas, para hallar la correccion de desigualdad no es menester recurrir á la fórmula general (que se pondrá y explicará despues) valiéndose de una tabla auxiliar que suelen traer las colecciones de tablas, y se pone en el Almanaque náutico (pág. 188 del de 1795).

1.° En la primera columna de la izquierda de dicha tabla están puestas las horas desde 0 hasta 6, de arriba á abaxo: y en la última columna de la derecha están las horas restantes desde 6 hasta 12, de abaxo á arriba.

2.° En la linea superior (esto es, á la cabeza de la tabla) están las desigualdades ó segundas diferencias medias, de minuto en minuto, desde 1′ hasta 10′.

3.° En el concurso de la línea de cada hora y la co-

Digitized by Google

lumna de cada minuto de desigualdad se halla la correspondiente correccion, en segundos: y se puede tomar la mas próxîma, sin necesidad de proporcional.

Así, en el exemplo propuesto (*Art.* 480) se puede tomar la correccion correspondiente á 3 horas y 40′ de hora reducida, y á 7′ de desigualdad, que es 45″.

482. Si la desigualdad pasa de 10′, se buscará primero la correccion correspondiente á 10′, y luego la correspondiente al exceso sobre 10′, y se sumarán ámbas, para obtener la correccion total.

V. g. Si la hora es las 4 horas y 40′ y la desigualdad 13′ se hallará primero la correccion correspondiente 10′, que es 71″; y despues la correspondiente á 3′ (en la misma línea de las 4 horas y 40′) que es 21″, y la suma, 92″, esto es 1′...32″, será la correccion correspondiente.

483. Sobre el modo de aplicar dicha correccion de desigualdad, hay que advertir, que sacando las diferencias segun las reglas de los signos, como se advirtió (*Art.* 479)

1.° Si se ha tomado la tercera diferencia para la proporcion (*Arit. art.* 433) con el primer dato (esto es, con la primera época) se aplicará la correccion de desigualdad al primer resultado con signo contrario á aquel con que resulta la desigualdad. Esto es, sumándole la correccion si la desigualdad tiene el signo —, y restandósela si resulta la desigualdad con el signo +.

2.° Si se hubiese tomado dicha tercera diferencia con el segundo dato (esto es, con la segunda época) se aplicará la correccion de desigualdad al segundo resultado con el mismo signo con que resulta la desigualdad; teniendo presente la regla dada (*Arit art.* 82) para no equivocarse quando dicho segundo resultado es negativo (*Art.* 479 *núm.* 1.°).

3.° Bien entendido, que las horas de la primera y última columnas de la tabla de las correcciones son, en todos casos, las que han transcurrido desde la primera época hasta la hora reducida.

484. Si se quiere hacer uso de la fórmula general, que se demuestra en el Exámen Marítimo Adicionado (*Art* 58), se procederá por el método siguiente.

1.° La segunda diferencia media, ó desigualdad de los resultados, se llamará d''.

2.° La diferencia entre los dos datos de las tablas que comprehenden al dato conocido, se llamará e.

3.° La diferencia que resulta, restando de dicho dato conocido el primero de las tablas, se llamará k,

Digitized by Google

4.° La diferencia que resulta, restando el mismo dato conocido del segundo de las tablas, se llamará u.

5.° La correccion será $c' = -\frac{d'' \times k \times u}{2 \times e \times e}$: que se halla multiplicando entre sí, la desigualdad, la distancia del primer dato al conocido, y la de este al segundo dato; y partiendo el producto por el duplo del quadrado de la distancia que hay entre el primero y segundo dato de las tablas.

Bien entendido que dichas distancias se deben expresar en las mismas unidades; y la desigualdad en las que se quiera, que serán las de la correccion.

485. De aquí resulta que en el caso particular de las tablas del Almanaque Náutico, que dan las longitudes, &c. de la Luna de doce en doce horas, se puede obtener la correccion de desigualdad en segundos facilísimamente, acomodando la regla general á este caso como sigue.

Multiplíquense entre sí las horas y decimales de hora que han pasado desde la primera época hasta la hora reducida, las que faltan desde esta hasta la segunda época, y la desigualdad expresada en segundos: y el producto total pártase por 288 (que es el duplo del quadrado de 12) y el quociente será la correccion de desigualdad en segundos, que se aplicará segun las advertencias hechas (*Art.* 483).

V. g. en el exemplo propuesto (*Art.* 480) es la hora reducida 3 horas y 36′: esto es 3′6 horas. Estas son las horas que han pasado desde la primera época, y 8′4 horas serán las que faltan para la segunda. La desigualdad es $-450''$, y así será la correccion

$$c' = \frac{3'6 \times 8'4 \times 450}{288} = 47''2.$$

486. Entre las tablas invariables hay algunas de doble entrada. Por *tablas de doble entrada* entendemos aquellas que en la primera ó última columna contienen una serie de datos, en la línea de la cabeza ó en la del pie otra serie de datos de otra especie, y en el concurso de cada línea y columna manifiestan el resultado correspondiente á dichos dos datos.

Tal es la *tabla para corregir los lugares de la Luna hallados por la proporcional*, de que se trató (*Art.* 481).

487. Para mayor facilidad de las explicaciones darémos el nombre de datos y resultados *verticales* á los que están en columna, y llamarémos *horizontales* á los que están en línea. Estos mismos adjetivos se aplicarán á las diferencias primeras, segundas y terceras correspondientes (*Arit. art.* 433): y por *resultado fundamental* entenderémos el correspondiente á los datos vertical y horizontal de la tabla con.

Digitized by Google

quienes se comparan los conocidos, para hallar las terceras diferencias.

488. Esto supuesto, quando tanto el dato vertical como el horizontal conocidos no se hallan exâctamente en las tablas, se buscan sus próximos menor y mayor, y para hallar el resultado exâcto, se hace preciso aplicar dos correcciones al resultado fundamental. La primera correccion, correspondiente á la tercera diferencia vertical, se hallará haciendo la proporcion expresada (*Arit. art.* 433) con la primera, segunda y tercera diferencias verticales. Se practicará despues lo mismo con las horizontales, y se obtendrá la segunda correccion. Teniendo presente el ponerle á cada correccion el signo + ó —, segun que los resultados correspondientes (desde el fundamental) vayan en aumento ó diminucion. Dichas dos correcciones se aplicarán segun las reglas del sumar (*Arit. art.* 82) al resultado fundamental.

V. g. en el exemplo propuesto (*Art.* 480 y 481) son 3 horas y 36′ el dato conocido vertical, que está comprehendido entre las 3 horas y 30′ y las 3 horas y 40′ de la tabla: y 7″'5 es el dato conocido horizontal, que está comprehendido entre 7′ y 8′ de la tabla. Tómese por resultado fundamental el correspondiente 3 horas y 30′ de tiempo y á 7′ de desigualdad; y será dicho resultado fundamental 43″.

La primera diferencia vertical serán 10′, la segunda 2″ y la tercera 6′; y por quanto los resultados verticales aumentan, será positiva la primera correccion, que se halla diciendo 10 : 2 :: 6 : +1″'2.

La primera diferencia horizontal será 1′, la segunda 6″ y la tercera 0″'5: y porque los resultados horizontales aumentan, será tambien positiva la segunda correccion, que se halla diciendo, 1:6 :: 0″'5 : +3″.

Serán, segun esto las dos correcciones +1″'2 y +3″; y +4″'2 será la correccion total; que agregada al resultado fundamental 43″ (por quanto tiene el signo +) da el resultado exacto 47″'2; que es el mismo que se halló por la fórmula (*Art.* 485).

489. Pero quando las diferencias son tan cortas, es inútil el hacer las correcciones: y así, podia haberse excusado en este caso la primera, y solo se ha hallado á fin de que sirviese de exemplo para el manejo de otras tablas de doble entrada, en que las diferencias son de mas consideracion.

490. Las tablas grandes inglesas, que expresan las distancias corregidas entre los centros de Sol y Luna, para cada grado de altura de ámbos astros y de distancia aparente, se pueden llamar de *triple entrada*: y en ellas hay que hacer tres correcciones al resultado fundamental.

Digitized by Google

491. Para hallar la correccion (*Arit. art.* 433) basta algunas veces expresar el tiempo en horas y décimos, despreciando los centésimos de hora. Otras veces conviene emplear los centésimos de hora ó los minutos: y quando los resultados varian mucho, como sucede con las longitudes, latitudes, &c. de la Luna, se hace preciso atender á los décimos de minuto de tiempo y aun á los segundos, si se quiere obtener el resultado con exâctitud. Conviene hacer un estudio reflexîvo de las tablas mas usuales, á fin de no emplear inútilmente en los cálculos mas trabajo que el que se necesita para obtener el resultado con el grado de exâctitud que se requiere para el objeto propuesto.

492. Los minutos se reducen fácilmente á décimos de hora y los segundos á décimos de minuto, atendiendo á que en las fracciones sexâgesimales cada seis unidades de especie inferior componen un décimo de la superior (*Arit. art.* 225): esto es, que cada 6′ equivalen á $0^{h}1$ de hora, &c. y cada 3′ equivaldrán á $0^{h}05$ horas. Será pues facilísimo el reducir los minutos de tiempo á décimos y centésimos de hora, y los segundos á décimos y centésimos de minuto, de memoria, con diferencia de unos $0^{h}025$ quando mas.

La reduccion de los decimales de especie superior á especie inferior es todavia mas fácil, pues se consigue multiplicando dichos decimales por 6 y colocando el signo decimal un lugar mas á la derecha. Esta operacion (equivalente á la de multiplicar por 60) se hace regularmente de memoria, sin escribir el multiplicador 6, &c.

493. Como los lugares del Sol los traen las tablas del Almanaque para cada mediodia, la primera diferencia será siempre 24 horas, esto es, 1440′. Luego siempre que se quiera hacer uso de las horas reducidas á minutos en la proporcion, se podrá esta resolver fácilmente sumando el complemento aritmético del logaritmo de 1440 (que es $6^{h}84164$) con los logaritmos de la segunda y tercera diferencia: y buscando en las tablas el logaritmo del resultado, disminuido de 10 unidades, para obtener la correccion.

Para estos cálculos basta tomar los logaritmos con quatro ó cinco cifras de mantisa. Pero se debe tener mucho cuidado en que la primera y tercera diferencia sean de la misma denominacion; y la correccion resulta de la misma denominacion que la segunda diferencia.

Digitized by Google

494. Como las tablas de la Luna traen sus lugares para cada mediodia y media noche, será la primera diferencia 12 horas: esto es, 720′. Luego quando se empleen en la proporcion las horas reducidas á minutos, y décimos de minuto si fuere necesario, se hará un uso frequente del complemento aritmético del logaritmo de 720, que es 7′14267.

Si en este caso se emplean en la proporcion las horas reducidas á segundos, se hará uso del complemento aritmético del logaritmo de 12 horas reducidas á segundos: esto es, del complemento aritmético del logaritmo de 43200, que es 5′ 36452.

495. Por via de exemplo propongámonos el hallar la declinacion del Sol para el 15 de Octubre de 1795, quando son las 5 horas 34′ y 18″ de la tarde, en un lugar situado 19° y 17′ al oeste del meridiano de las tablas.

Ante todas cosas se hallará la hora reducida, por lo dicho (*Art.* 149).

Diferencia de longitud occidental	19°	.....	171
Multiplicador			4
Diferencia de longitud en tiempo + 1 *hora* . . .	17′	.....	08″
Hora dada del lugar . . . . . + 5	34	.....	18
Hora reducida.	6.	. . .	51 . . 26

Serán pues las épocas que comprehenden á la hora reducida, los mediosdias de los dias 15 y 16 de Octubre. La primera diferencia son 24 horas; y 6 horas 51′ y 26″, esto es 6′85 horas será próximamente la tercera diferencia, comparando con la primera época; y así, se continuará el cálculo como sigue.

Decl. de ☉ á mediodia del 15.	8°	. . .	37′. . 11″ austral
Decl. de ☉ á mediodia del 16 . . .	8.	. . .	59 . 22 austral.
2.ª diferencia		+ . . .	22 . .11 , que

vienen á ser 22′′2.

1.° Se dirá pues, 24 : 22′′2 : : 6′85 : + c' = + 6′′3 = + 06′ .. 18″

Decl. á mediodia del 15.	8°.	....	37...11
Declinacion que se pide..	8 . .		43 . 29

2.° Si no se quiere despreciar nada, usando de los logaritmos, se hallará la correccion en segundos como sigue

c. a. del log. de 24 hor. en minut, ...			6′8416
Log. de la 2.ª dif. 1331″.			3′1242
Log. de la 3.ª dif. 411′			2′6138
Log. de la correc. 380″.			2′5796

Digitized by Google

Será pues la correccion exacta , , , + 06′...20″

Decl. á mediodia del 15. . . . . 8°....37....11 *austral.*

Declinacion que se pide. . . . . 8...,...43....31 *austral.*

3.° Como la mayor diferencia diaria de declinacion del Sol no llega á 24′ , que corresponde á 1′ por hora , y 1″ por 1′ de tiempo , se puede hacer uso únicamente de los décimos de hora en la tercera diferencia , y de los décimos de minuto en la segunda , quando es despreciable un error de cinco ó seis segundos en el resultado.

496. Para la declinacion de la Luna puede servir de exemplo el mismo que se propuso en el artículo 480. En dicho exemplo es la primera diferencia 12 horas ; la tercera (comparando con la primera época) son 6 horas 36′ y 23″ , esto es , 396″4 : y la segunda diferencia es 1° y 52′ ; esto es 112′.

Se hallará pues la primera correccion en minutos , usando de los logaritmos como sigue.

c. a. del log de 12 hor. en minut. . . . . 7‘14267

Log. de la 2.ª dif. 112′. , ... 2‘04922

Log. de la 3.ª dif. 396″4. . . . . 2‘59813

Log. de la 1.ª correccion 61‘66. . . . . 1‘79002

Será pues la 1.ª correccion . . . —01°. . .01′. . 40″

Resultado primero es. . . . . 14. . 19. . 00 *boreal.*

Declinacion aproximada. . . . . 13. . 17. . 20 *boreal.*

La 2.ª correccion (*Art.* 481 y 485) es. . . + . . 47

Declinacion exacta. . . . . 13 . .18. . 07 *boreal.*

497. En el Almanaque se expresan las longitudes de la Luna en signos , grados , minutos y segundos ; y las latitudes en grados , minutos y segundos : pero las ascensiones rectas y declinaciones se suelen expresar solo en grados y minutos , despreciando los segundos. Por esta razon es inútil el hacer con escrupulosidad el cálculo de las correcciones. Quando se quiera obtener la ascension recta ó declinacion de la Luna con mucha exáctitud, se calcularán primero su longitud y latitud para la hora reducida, y con estos datos se hallarán la ascension y declinacion correspondientes , por medio de la Trigonometría esférica , como se enseñará mas adelante.

498. Las longitudes del Sol se expresan en las tablas en signos , grados, minutos y segundos. Se tendrá presente que cada signo vale 30° ; y que la diferencia diaria suele ser de 1°. De esto se deduce que por cada 1′ que se desprecie en el tiempo pueden resultar mas de dos segundos y medio de error en la longitud.

Digitized by Google

Pero de esta tabla se hace poco uso en los cas s ordinarios de la Navegacion.

499. Las ascensiones rectas del Sol se expresan en la tabla en horas, minutos, segundos y décimos de segundo: y no se deben omitir estos enteramente si se quiere calcular con exâctitud, porque cada 4″ de tiempo equivalen á 1′ de ascension en grados. Dicha ascension se reduce facilmente á grados y minutos de equinoccial por lo enseñado (*Art.* 145). La diferencia diaria son unos 4′ de tiempo: esto es 240″; y así por cada $0^{c}1$ de hora corresponde cosa de 1″ de ascension en tiempo.

1° Esta tabla es de mucho uso en la navegacion, para calcular los horarios de las Estrellas fixas, como se enseñará mas adelante.

2.° En algunos Almanaques, en vez de las ascensiones rectas del Sol, se ponen sus distancias al equinoccio, que son los complementos de dichas ascensiones rectas á 24 horas.

500. Sobre la tabla de equacion del tiempo (*Art.* 247) solo hay que advertir que en ella se suele expresar si es aditiva ó subtractiva al tiempo verdadero, para reducirlo á tiempo medio. En nuestro Almanaque se expresan las diferencias diarias, y con esto se excusa el restar las dos equaciones consecutivas para hallar la segunda diferencia.

501. Tambien pueden ser útiles á los navegantes las tablas de las declinaciones de los Planetas, y las de las horas de sus pasos por el meridiano.

De las tablas de declinacion de la Luna se ha tratado ya (*Art.* 496): y las de Marte, Júpiter y Saturno las trae nuestro Almanaque para cada 6 ó 7 dias. De ellas se deduce la correspondiente á la hora reducida por la regla general: bien que en la de Marte suelen ser desiguales las diferencias de tres resultados consecutivos.

Supongamos por via de exemplo que se quiere hallar la declinacion de Júpiter para el 15 de Agosto de 1795, siendo la hora reducida las 4 horas y 20′ de la mañana, tiempo civil. Esta hora corresponde á las 16 horas y 20′ del dia 14 en tiempo astronómico: y acudiendo á la página 93 del Almanaque de dicho año se ve que los medios dias del 13 y 19 son las dos épocas que comprehenden á la expresada hora reducida. Será pues 6 dias: esto es 144 horas la primera diferencia. La tercera diferencia (compárando con la primera época) será 1 dia y 16 horas, esto es, 40 horas; y se continuará el cálculo como sigue.

Declinacion de Júpiter el 13.	20°	50′	*boreal*
Declinacion de Júpiter el 19.	20	59	
Segunda diferencia		+ 9	

Digitized by Google

Se dirá, 144 : 9 : : 40 : + 2′ ‘5 = . . + 02′ . . 30″
Declinacion de Júpiter el 13 . . . . 20° . . 50 . . 00 *boreal.*

Declinacion que se pide . . . . . 20 . . 52 . . 30 *boreal.*

No se ha hecho caso de los minutos de tiempo porque la segunda diferencia es tan pequeña que se pudiera haber despreciado una hora ó mas sin error sensible.

502. En quanto á los pasos de los Planetas por el meridiano, las tablas del Almanaque manifiestan las horas del paso diario de la Luna por el meridiano para que están construidas.

1.° Para hallar la hora del paso de dicho astro por otro meridiano, si este se halla al oriente se tomará en las tablas la diferencia entre el paso del dia dado y el anterior; y si está al occidente se tomará la diferencia entre el paso del dia dado y el que sigue: y se dirá 360° *á esta diferencia, como la diferencia de longitud con el meridiano de las tablas en grados, es á la correccion.* Esta se sumará con la hora del paso de aquel dia por el meridiano de las tablas, si el lugar está al occidente; y se restará, si el lugar está al oriente del expresado meridiano.

2.° Las tablas solo expresan las horas de los pasos de los demas Planetas por el meridiano para cada 6 ó 7 dias; y asi el primer término de la proporcion debe ser tantas veces 360° quantos dias han mediado entre uno y otro paso.

Si el lugar está al oeste, debe ser el segundo término tantas veces 360° quantos dias han mediado desde la primera época hasta el dia dado, mas la diferencia de longitud: y si el lugar está al este, se deben multiplicar por un dia ménos los 360°. En este caso se toma por término de comparacion la hora del paso primero, á la que se aplicará la correccion que resultase.

3.° Supongamos por via de exemplo que se pide la hora del paso de la Luna por el meridiano de un lugar situado 23° y 44′ al oeste del meridiano de Cádiz, el dia 26 de Noviembre de 1795.

El 26 pasa la Luna á las	12 *horas.*	36′
El 27 pasa la Luna á las	13 . .	38
Diferencia.	1. . . .	.02

Se dirá 360° : 62′ : : 23° ‘7 : 4′.

Hora del paso el 26.	12 *horas*...	36′
Correccion.	. .	+ 04
Hora del paso que se pide. . . .	12 . .	40

4.° Se pueden poner 24 horas en vez de 360°, expresando en este caso la diferencia de longitud en tiempo.

Digitized by Google

5.° En el caso propuesto (*num.* 3.°) la diferencia de longitud es 1 hora 34′ y 56″: esto es 1'6 horas, con corta diferencia, y se puede hallar la hora del paso de Marte por dicho meridiano para el dia 17 de Noviembre del propio año 1795 como sigue.

Hora del paso de Marte el 13 es . . . . . 21 *horas* . 05′
Hora del paso de Marte el 19 es . . . . . 20 . . . 54

En 6 dias es la diferencia . . . . . 11′

Se dirá 6X24 : 4X24+1'6 :: 11 : *c* : esto es. . . .
144 : 97'6 :: 11 : *c* = ...—07′
Hora del paso el dia 13 es . 21 *horas* 05

Hora dal paso que se pide . 20 . . 58

Esta hora astronómica corresponde segun la cuenta civil á las 8 horas y 58 de la mañana del dia 18.

503. En quanto á las Estrellas fixas: se suele poner al fin del Almanaque una tabla que manifiesta las ascensiones rectas y declinaciones de las mas brillantes, correspondientes al dia 1.° de Enero de un año determinado, que suele no ser el mismo para que está construido el Almanaque.

1.° Para distinguirlas se imaginan en el Cielo varias figuras de hombres, animales, &c. llamadas *constelaciones*: y á cada Estrella se le da el nombre de una letra griega y el de la constelacion á que pertenece. Bien que algunas de ellas tienen nombres propios, como *Aldebaran*, que está en el ojo del Toro; *Régulo*, que está en el corazon del Leon; &c.

2.° Tambien se distribuyen las Estrellas fixas (que se distinguen á la simple vista) en seis clases llamadas *magnitudes*. Las de *primera magnitud* son las mas brillantes, y así sucesivamente hasta las de *sexta magnitud*, que apénas se distinguen á la simple vista. Pero hay amas un crecidísimo número de Estrellas que solo se pueden ver con el auxîlio de los anteojos astronómicos. En dicha clasificacion cabe alguna arbitrariedad, y así algunos cuentan entre las de primera magnitud algunas Estrellas fixas que otros llaman de segunda.

504. Esto supuesto, en la primera columna de la tabla se designan las Estrellas por su letra griega y cons-

Digitized by Google

telacion, y por los números que indican sus magnitudes. A las de clase dudosa se les suelen poner los números de las dos magnitudes á que pueden pertenecer.

En la segunda columna se expresa la ascension recta en tiempo, y en la tercera en grados de equinoccial.

En la columna quarta se expresa el aumento de ascension que adquieren cada año en segundos y décimos de segundo de grado.

En la quinta columna se coloca la declinacion y su especie: y en la sexta la variacion anual en declinacion, con su correspondiente signo + ó —, segun va en aumento ó en diminucion.

505. Dichas ascensiones y declinaciones se llaman medias, porque en su expresion se prescinde de los aumentos y diminuciones alternativas que resultan de la nutacion y aberracion (*Art.* 73 *num.* 2.° *y* 3.°): de suerte que las variaciones anuales de la quarta y sexta columnas, son solo las que dimanan de la precesion de los equinoccios (*Art.* 71), y desplazamentos del sistema solar (*Art.* 73 *num.* 4.°) y de la eclíptica (*Art.* 73 *num.* 1.°).

506. En los cálculos náuticos solo se hace uso de las ascensiones en tiempo, y de las declinaciones.

1.° Para hallar la ascension de una Estrella fixa correspondiente á un dia dado de qualquier año, se verá los años que han pasado desde aquel para que está construida la tabla: se buscará en ella la Estrella de que se trata, y se multiplicará su diferencia anual en ascension recta por dicho número de años; agregando al producto la parte proporcional correspondiente á los meses. Esta parte proporcional suele tomarse al poco mas ó ménos de memoria, baxo el supuesto de que 1″ de error en ella solo produce el de 4‴ de tiempo en la ascension.

Con esto se tiene la correccion total, que se reduce á tiempo (*Art.* 144) y se agrega á la ascension de la segunda columna, para obtener la que se pide.

2.° Por el mismo estilo se calcula la declinacion, con las diferencias de que no hay que hacer reduccion alguna en la variacion anual y que la correccion puede ser aditiva ó subtractiva, segun el signo que le precede.

3.° Supongamos que se pide la ascension recta de Régulo para el 22 de Febrero de 1796, por medio de la tabla construida para el año de 1791, que se halla en la página 190 del Almanaque Náutico de 1795.

El número de años que han pasado desde 1.° de Enero de 1791

Digitized by Google

hasta 22 de Febrero de 1796 es 5, mas 1 mes y $\frac{2}{3}$ con corta diferencia. El nombre de dicha Estrella se halla mas abaxo de la medianía de la pág. 191, en donde se expresan las cantidades que entran en el cálculo siguiente.

Diferencia anual de ascension en equador			48″'6
Número de años			5
Correccion correspondiente á los años		04′	00″
Por 1 mes corresponde $\frac{1}{12}$ de 48″, que son			04
Por $\frac{2}{3}$ de mes corresponden $\frac{2}{3}$ de 4″, que son			03
Correccion total en equador		04	07
En tiempo (*Art.* 144)			16″'5
Ascension de la tabla	9 *hor.*	57′	12'7
Ascension recta que se pide	9	57	29'2

4.° La declinacion de dicha Estrella para el año 1791 es 12°...59′...07″ boreal, y la variacion anual —17″'2. Se hallará pues, por el mismo estilo, que el 22 de Febrero de 1796 debe ser su declinacion 12°...57′...39″ boreal.

5.° En la tabla de la página 121 de la Coleccion se han omitido los segundos de las ascensiones rectas de las Estrellas en tiempo: y así, será preciso hallarlas en grados y minutos de equador, y reducirlas (si fuere necesario) á tiempo, siempre que se quieran obtener con exactitud.

507. Pasarémos á explicar las tablas que sirven para corregir las alturas de los astros (*Art.* 430 *y sig.*) empezando por las de paralaxe y semidiámetro, que son las únicas que dependen del tiempo, y por lo tanto se hallan en el Almanaque Náutico.

508. La paralaxe horizontal del Sol se puede suponer constantemente de 8″'8 sin error de 0″'2 y en la página 177 del Almanaque de 1795 y la 6 de la Coleccion se expresa la correspondiente á varias alturas. Se toma la mas próxima sin necesidad de proporcional.

509. La paralaxe horizontal de la Luna para el equador (*Art.* 457) está comprehendida entre 54′ y 61′ y $\frac{2}{3}$. Por la irregularidad de sus variaciones la traen las tablas del Almanaque para cada mediodia y medianoche. La proporcional para hallar la correspondiente á la hora reducida se halla de memoria (*Arit. art.* 361). Se reduce despues á paralaxe de altura sumando el logaritmo de

Digitized by Google

su seno con el del coseno de su altura, y buscando el logaritmo del resultado en la tabla primera de los logaritmos de los senos, que los trae de 1'' en 1'' (*Art.* 454).

510. En las dos últimas columnas de la página 5.ª de cada mes se expresan en el Almanaque los logaritmos proporcionales de las paralaxes horizontales correspondientes á cada mediodia y media noche: y por lo tanto, si se tienen á mano las tablas de dichos logaritmos, en vez de la paralaxe se buscará para la hora reducida el logaritmo proporcional correspondiente. De este, con 10 de característica, se restará el logaritmo del coseno de la altura, y resultará el logaritmo proporcional de la paralaxe de altura, que se buscará en la tabla. La tabla de los logaritmos proporcionales empieza en la página 27 de la coleccion impresa para el uso de la Académia.

511. Las variaciones sensibles de la paralaxe de la Luna en poco tiempo dimanan de que dicho astro describe una elipse muy excéntrica en poco mas de 27 dias: de suerte que en unos 13 $\frac{1}{2}$ dias pasa (*fig.* 1.ª) del apogeo *a* al perigeo *p*; describiendo la semielipse *app*: y en otros 13 $\frac{1}{2}$ dias vuelve de *p* á *a* describiendo la otra semielipse *pxa*. De esto resulta una variacion sensible en las distancias á la Tierra *sp*, *sm*, *sx*, *sq*, &c. y por consiguiente en las paralaxes (*Art.* 456).

512. La línea de los ápsides de la Luna tiene un movimiento muy sensible y desigual: y ansi, como la excentricidad de la órbita Lunar varía segun su posicion respecto al Sol, quando la Luna vuelve al apogeo *a* (al cabo de una revolucion *anomalística*) no vuelve á ser la misma su distancia apogea. Por estas razones, la tabla de la paralaxe de la Luna para un mes no sirve para otro mes; ni las tablas de los meses de un año sirven para los meses de otro año: de suerte que para todos los meses y años se necesitan nuevas tablas. Estas se deducen de las tablas perpetuas del movimiento de la Luna, cuyo manejo es complicado.

513. La paralaxe de las Estrellas fixas es absolutamente imperceptible.

514. Se pueden despreciar las paralaxes de Júpiter y Saturno, y aun la de Marte, porque en las alturas de estos astros observadas en la mar cabe mucha incertidumbre.

515. El semidiámetro del Sol está comprehendido entre unos 15′ + 45″ y 16′ + 18″. En la página 7.ª de cada mes se expresa en el Almanaque el semidiámetro de 6 en 6 dias; y se toma el del dia mas próximo sin necesidad de proporcional.

Por ser sumamente lento el movimiento progresivo del afélio de la Tierra (*Art.* 258) y hallarse el Sol, con

Digitized by Google

corta diferencia, en todos los dias correspondientes de los años civiles en los mismos puntos de la eclíptica (*Art.* 328) puede servir para siempre la tabla de los semidiámetros del Sol hecha para un año, sin necesidad de correccion (*Art.* 460 *núm.* 4.°). Dicha tabla perpetua está en la página 6 de la Coleccion.

516. No le sucede lo mismo á la tabla de los semidiámetros de la Luna, por lo expuesto (*Art.* 460 *núm.* 4.° y *art.* 512). El semidiámetro de la Luna está comprehendido entre unos $14'+40''$ y $16'+50''$.

1.° Las tablas del Almanaque (página 5.ª de cada mes) lo dan para cada mediodia y medianoche: y se halla la parte proporcional, para obtener el correspondiente á la hora reducida, de memoria.

2.° Con esto se obtiene el semidiámetro horizontal de la Luna, que (si es menester) se reduce á semidiámetro de altura (*Art.* 459 *y sig.*) agregándole el aumento correspondiente á dicho semidiámetro y á la altura, segun se expresa en la tablita de la página 179 del Almanaque de 1795.

3.° Desde la página 12 á la 26 de la Coleccion se expresan los semidiámetros de la Luna en altura, segun los grados de esta y su paralaxe horizontal. Con esto se excusa el buscar el semidiámetro horizontal para la hora reducida y el sumarle el aumento correspondiente.

517. El semidiámetro de las Estrellas fixas es absolutamente insensible.

518. Los semidiámetros de los Planetas se desprecian, sin error, haciendo que las imágenes de dichos astros se vean, con corta diferencia, partidas por mitad por el horizonte de la mar al tiempo de observar sus alturas con los instrumentos de reflexîon.

519. Las demas tablas que sirven para corregir las alturas son invariables, y se hallan en la página 177 y 178 del Almanaque de 1795, y desde la página 1 hasta la 5 de la Coleccion.

520. En la tabla de depresion es el dato la elevacion del ojo del observador sobre la superficie de la mar; y se reparará si dicha elevacion se expresa en pies de Paris, de Lóndres ó de Burgos, &c. Si fuese necesario, se reducirán unas medidas á otras, teniendo presente que 6 pies de Paris componen 7 de Burgos, 15 de Paris componen 16 de Lóndres; y 32 de Lóndres equivalen á 35

Digitized by Google

de Burgos. Quando la elevacion propuesta no se halla exâctamente en la tabla se le aplica de memoria la correccion (*Arit. art.* 433) á la correspondiente á la elevacion mas próxîma: reparando con cuidado qual es la primera diferencia.

521. En la tabla de refraccion son los datos las alturas de los astros, y la proporcional, quando no se halla la altura propuesta exâctamente en la tabla, se suele hallar de memoria al poco mas ó ménos. Para no equivocarse se reparará con cuidado qual es la primera diferencia: esto es la que hay entre las dos alturas de la tabla que comprehenden á la propuesta.

Esta refraccion es la media; y si se juzga necesario se le aplica la correccion correspondiente á los grados del termómetro y líneas del barómetro, por lo dicho (*Art.* 447).

522. Para aclarar con un exemplo el uso de las tablas que sirven para corregir las alturas de los astros, supongamos que el dia 5 de Mayo de 1795, siendo la hora reducida las 7 horas y 40′ de la tarde, y la elevacion del ojo del observador sobre la superficie de la mar 39 pies de Paris, se observó sobre el horizonte de la mar la altura del limbo inferior de la Luna 40°. ...25′....36″.

1.° La paralaxe y semidiámetro estarán comprehendidos entre los correspondientes al mediodia y media noche del 5: y por lo tanto se hallarán los correspondientes á la hora reducida como sigue

Epocas.	*paralx.*	*semidiám.*
Mediodia del 5	54′ . 11″	14′ . 47″
Media noche del 5	54 . 18	14 . 49
Diferencia en 12 horas .	+ 7 .	+ 2
A 7′7 horas corresponden .	+ 3 .	+ 1
Primeros resultados .	54 . 11 .	14 . 47
Resultados que se piden .	54 . 14 .	14 . 48

2.° Hallada la paralaxe y el semidiámetro, horizontales, se corregirá la altura por el método que se enseñó (*Art.* 431), y suponderémos que se tiene á la vista la figura 20.ª

Digitized by Google

Altura *m' ot*	40°	25′	36″	
Depresion *bot*		—6	24	
m'ob	40	19	12	
Refraccion *m'om*		1	07	
mob	40	18	05	log.cos. 9'88233
Paralaxe horizontal		54	14	log. sen 8'19797
Paralaxe de altura *omc*		+41	22	log. sen. 8'08030
mob	40	18	05	
mpb=mcH	40	59	27	
Semidiámetro *mca*		+14	48	
acH	41	14	15	

3.° Si lo que se pide es la distancia aparente del centro de la Luna al zenit, se supondrá representado dicho astro en la figura 20.ª por el círculo punteado, y por consiguiente será *e'ob* la altura corregida solo de depresion: y se continuará el cálculo como sigue

Semidiámetro horizontal		14′	48″	
Aumento en 40° de altura			+09	
Semidiámetro de altura *e'om'*		+14	57	
e'ob.	40°	19	12	
m'ob	40	34	09	
Zob	90	00	00	
m'oZ	49	25	51	

4.° Para hallar ahora la distancia verdadera del centro de la Luna al zenit *mcZ*, se continuará así

m'ob	40°	34′	09″	
Refraccion *m'om*		—1	07	
mob	40	33	02	log. cos. 9'88072
Paralaxe horizontal		54	14	log. sen. 8'19797
Paralaxe de altura *omc*		+41	12	log. sen. 8'07869
mob	40	33	02	
mpb=mcH		—41	14	14
HcZ		90	00	00
mcZ	48	45	46	

Digitized by Google

5.º Haciéndo uso de la tabla 8.ª de la Coleccion, que empieza en la página 12, se corrigen las alturas de la Luna con muchísima brevedad, buscando únicamente en el Almanaque la paralaxe horizontal para la hora reducida.

El uso de dicha tabla está explicado con exemplos en las páginas XII, XIII, y XIV de la misma Coleccion.

De la resolucion de algunos problemas.

523. Los problemas de Cosmosgrafía mas interesantes para la Navegacion se resuelven aplicando los principios expuestos y la Trigonometría esférica, al caso particular de que se trata.

Para que sirva de govierno se hace ante todas cosas una figura, en que se representan los círculos de las esferas, terrestre ó celeste, cuyos arcos ó ángulos que forman, tienen una relacion con los términos conocidos y con los que se van á averiguar; y reflexîonando sobre dicha figura, se deducen las operaciones que deben practicarse para el objeto propuesto.

Algunos exemplos servirán de guia para hallar la solucion de otras qüestiones que pueden ofrecerse.

Problema I.º

524. Conociendo tres de estas cinco cosas, la oblicuidad de la ecliptica, longitud, latitud, ascension recta, y declinacion de un astro; hallar las dos restantes.

Resolucion. Sea el astro *z* (*fig.* 17.ª) y en el triángulo esférico *zeN* será *eN* la oblicuidad de la eclíptica (*Art.* 362 *núm.* 2.º): *zN*, distancia del astro al polo del Mundo, tiene una relacion determinada con la declinacion del astro: *zc*, distancia al polo de la eclíptica, tiene una relacion determinada con su latitud: el ángulo *zNe* tiene una relacion determinada con su ascension recta, y el *zeN* con su longitud.

Luego se satisfará al problema, determinando ante todas cosas los términos de dicho triángulo que tienen relacion con los datos, y calculando los términos que tienen relacion con lo que se va á buscar (*Esf. art.* 211).

Digitized by Google

Las relaciones que los términos del triángulo tienen con lo que se conoce y con lo que se busca, se determinan fácilmente colocando al astro, al poco mas ó ménos, en la ascension, declinacion, &c. que se suponen.

Esto se executa, sin que resulte confusa la figura, teniendo presente lo advertido (*Art.* 428).

Exemplo.

525. Supongamos que de la longitud y latitud de la Luna correspondientes al mediodia del 30 de Diciembre de 1795, se quieren deducir su ascension recta y declinacion con exactitud (*Art.* 497).

1.° La longitud que la tabla del Almanaque da para dicho mediodia, es 5 signos . . 9° . . 17′ . . 8″: y la latitud 4° . . 0′ . . 47″ boreal.

2.° Estará pues la Luna entre Cáncer y Libra; y por lo tanto se hará la figura 24.ª, en la qual el círculo terminador *NESDN* es el coluro de los solsticios. El punto *N* es el polo norte de la equinoccial *DE*: el punto *e* es el polo norte de la eclíptica *VI*: el punto *V* es el primer punto de Cáncer, *m* el de Libra, é *I* el de Capricornio. El astro se colocará en *z*, y se trata de resolver el triángulo *zNe*.

3.° Es evidente que el ángulo *Nez* es igual al arco *Vo*: esto es, á la longitud de *z* ménos la de *V* que vale 3 signos ó 90°: y el lado *ze* es igual al quadrante *oe* ménos la latitud del astro *oz*. Será pues

Longitud del astro *z* . .	5 signos	09° . .	17′ . . 08″
Longitud del punto *V* . .	—3 . .	00 . .	00 . . 00
Nez = ...	2 . .	09 . .	17 . . 08
Latitud del astro *z*		04° . .	00′ . . 47″
oe		90° . .	00 . . 00
z e		85° . .	59′ . . 13

Ne (oblicuidad de la eclíptica) vale . . 23° . . 27′ . . 52″

4.° Imagínese el perpendículo baxado desde *z*, y (*Esf. art.* 157) serán; *ze* el primer lado *L′* (conocido); *Ne* la base *B* (conocida); *Nez* el primer ángulo *A′* (conocido); *zN* el segundo lado *L″* (que se busca y es igual á la diferencia entre un quadrante y la declinacion); y *eNz* el segundo ángulo *A″* (que se busca porque de él depende la ascension): y por lo enseñado (*Esf. art.* 211 caso III.° *núm.* 2.° y 1.°; y *Esf. art.* 216) se operará como sigue.

Digitized by Google

R : cos. Nez	. 69° . 17′ . 08″ . A'	. . L. cos.	111 9′5486370
: : tan . ze	. 85 . 59 . 13 . L'	. . L. tan.	11′1538460 905
: tan. s' (agudo)	. 78 . 46 . 53	. . . L. tan.	10′7025846
$Ne = B =$	. 23 . 27 . 52		
s'' . .	55 . 19 . 01		
cos. s'	. 78 . 46 . 53	. . L. cos. $c.\ a.$	318 0′7109303
: cos s''	. 55 . 19 . 01	. . L. cos. . . .	9′7551431
: : cos. $L' = \cos. ze$	85 . 59 . 13	. . L. cos. ,	8′8447873 2101
: cos $L'' = \cos z N = \text{sen} z$	11 . 48 . 41	. . L. sen. , . .	9′3111026

5.° Será pues de 11° . . 48′ . . 41″ la declinacion , boreal por ser agudo zN.

6.° Por ser el primer secmento s' mayor que la base B, caerá fuera el perpendículo; y por ser agudo Nez será obtuso zNe (*Esf. art.* 155). El ángulo agudo correspondiente es $DNt = Dt$: y así lo mejor es hallar el arco agudo correspondiente á la línea trigonométrica del segundo ángulo A'' (que será el valor de Dt) y sumándole la ascension de D (esto es 90°) resultará la ascension recta que se pide , como sigue.

sen. s''	. 55° . 19′ . 01″	L. sen. $c.\ a.$.	0′0849632
: sen, s'	. 78 . 46 . 53	L. *sen.* . .	9′9916199 13
: : tan. A' , . .	69 . 17 . 08	L. tan. . .	10′4222774 509
: tan A'' (obtusa) = tan Dt (aguda)	72 . 24 . 37	L. tan. . .	10′4989127
Ascension de D . . ,	90 . 00 . 00		
Ascension de z será .	. 162 . 24 . 37		

526. *Advertencia.* Si el astro está en la eclíptica ó en la equinoccial, esto es, si es cero su latitud ó su declinacion, el triángulo será quadrantal, y por consiguien-

Digitized by Google

te se resolverá como si fuese rectángulo (*Esf. art.* 191).

En el caso de ser cero la latitud del astro, se puede tambien recurrir al triángulo rectángulo formado por el arco de su máximo de ascension comprehendido entre la eclíptica y la equinoccial, y los arcos de estos dos círculos comprehendidos entre dicho máximo y el punto equinoccial mas inmediato.

1.° V. g. Si el astro (*fig.* 24.ª) está en *r*, y se conoce su longitud, restándola de seis signos se tendrá el valor de *mr*: y como en el triángulo esférico *rtm* (rectángulo en *t*) se conoce la oblicuidad de la eclíptica *rmt*, se podrá hallar *tm* (*Esf. art.* 190) que restado de 180° dará la ascension recta. Y si se halla *tr* se tendrá la declinacion.

2.° La latitud del Sol es cero en todos casos: y así, conocidas dos de estas quatro cosas, la oblicuidad de la eclíptica, la longitud, la ascension recta, y la declinacion del Sol, se podrán hallar fácilmente las otras dos por medio de un triángulo esférico rectángulo.

3.° V. g. El dia 30 de Diciembre de 1795, quando era mediodia en Cádiz tenia el Sol 9 signos.. 8°.. 52'.. 54'' de longitud, y se quiere calcular su declinacion.

El Sol (*fig.* 17.ª) estará en *i*, y en el triágulo *ial* (rectángulo en *l*) será *ia* el complemento de la longitud á 12 signos, y *li* la declinacion austral, que se halla como sigue.

Longitud del Sol..	9 signos,	08°..	52'..	54''
Restada de	12.	00..	00..	00
Da *ia*=. .	2 signos	21°..	07'..	06''

Se dirá pues (*Esf. art.* 190 caso 2.°)

R : sen. *ia*	81°	07'	06''	L. sen.	9'9947591 (20)
: : sen. *ial*	23	27	52	L. sen.	9'6000696 (97)
: sen. *li*	23	09	58	L. sen.	9'5948404

4.° Si se pidiese la ascension recta correspondiente, se calcularia el lado *la*, y se restaria de 360°.

5.° En el caso de ser cero la latitud ó la declinacion del astro, se pueden representar la ecliptica y equinoccial como en la figura 14.ª, para hallar con facilidad la relacion que tienen las cantidades de que se trata con

Digitized by Google

los términos del triángulo esférico que se ha de resolver.

Problema II.°

527. Conocidas dos de estas tres cosas, la latitud de un lugar, la altura meridiana de un astro, y su declinacion, hallar la tercera.

Caso. 1.° Si se trata del paso superior, en vez de la altura meridiana se empleará la observacion, que es su complemento.

Se construirá una figura como la 18.ª ó la 19.ª, describiendo únicamente el círculo *ZRPHZ*, que representa el meridiano, y la recta *HR*, que representa el horizonte. Se señalará el zenit *Z*; el punto cardinal norte *R*, y el sur *H*; y se colocarán despues el astro y la equinoccial segun la observacion y declinacion. La misma figura manifestará la operacion de aritmética que se ha de executar para obtener lo que se busca, que por lo regular es la latitud.

Caso 2.° Si la altura es de paso inferior, serán la latitud, declinacion y observacion de una misma especie.

En tal caso, suponiendo al astro en *n* (*fig.* 19.ª), se hará uso de su altura meridiana *Rn* y del complemento de su declinacion *nN*; y la latitud del lugar se representará por la altura de polo *RN*.

Exemplo I.°

528. Sea la declinacion 8°. 13′. 09″ norte, y la altura (de paso superior) 52°. 36′. 48″ hacia el sur del zenit.

1.° Será la observacion 37°. 23′. 12″ sur: y para hallar la latitud se señalarán (*fig.* 18.ª) el zenit *Z*; y los puntos cardinales norte y sur del horizonte *R* y *H*.

2.° Por ser la observacion sur se tomará desde el zenit *Z*, hácia el sur, el arco *ZI* de 37°. 23′. 12″, y se colocará el astro en *I*.

3.° Por ser la declinacion norte, estará el astro al norte de la equinoccial, y la equinoccial estará al sur del astro: y así, tomando desde el astro *I*, hácia el sur, el arco *IE* de 8°. 13′. 09″, se colocará la equinoccial en *E*.

4.° Luego la latitud *EZ* es norte, porque el zenit *Z* esta al norte de la equinoccial *E*: y se halla como sigue

Digitized by Google

Declinacion norte *EI* . .	+08° . .	13′ . .	09″
Observacion sur *ZI* . . .	+37 . .	23 . .	12
Latitud norte *EZ*	45 . .	36 . .	21

Exemplo II.°

529. Sea la altura de paso inferior *Rn* (*fig.* 19.) de 22° . 34 . 47″ al lado del norte, y la declinacion *DRn* de 83° . 36 . 39″.

Será el complemento de la declinacion $nN=6°.05'.21''$, y la latitud ó altura de polo $RN=Rn+nN=28°.42'.08''$ norte.

Advertencia.

530. Si la altura es aparente, se reducirá ante todas cosas á verdadera, como se ha enseñado (*Art.* 431 y 522).

1.° Si se trata de una Estrella fixa, y no se da la declinacion, se calculará por la tabla, como se enseñó (*Art.* 506).

2.° Si se trata de un Planeta, es menester saber el dia y la hora de la observacion, al poco mas ó ménos; y conocer, tambien al poco mas ó ménos, la diferencia de longitud entre el lugar del observador y el meridiano de las tablas, para hallar próximamente la hora reducida (*Art.* 478 *núm.* 2.°) y la declinacion (*Art.* 496 y 501).

3.° Si la altura es del Sol, serán las 12 en el lugar de la observacion; y con esta hora y la diferencia de longitud con el meridiano de las tablas (conocida al poco mas ó ménos) se hallará la hora reducida, y la declinacion correspondiente (*Art.* 495).

4.° Se han puesto ya exemplos separados de cada una de las partes de este cálculo, que se ofrece con freqüencia en la Navegacion, y atendiendo á esto, para mayor facilidad, se reunirá todo en el siguiente

Exemplo.

531. El dia 12 de Mayo de 1795 se observó la altura meridiana del limbo inferior del Sol sobre el horizonte de la mar de 39°.41′.56″ hácia el norte. El observador se hallaba 37°..25′

Digitized by Google

al este del meridiano de Cádiz, y su ojo estaba elevado 67 pies de Burgos sobre la superficie de la mar. Se pide la latitud que resulta de esta observacion.

1.° Se halla primero la hora reducida, como sigue.

Diferencia de longitud oriental en grados . .	— 37° . 25′
Multiplicador.	4
Diferencia de longitud en tiempo. . —2 horas. .	. 29′ . 40″

2.° Faltarán pues en Cádiz unas 2 horas y 30′, esto es 2′5 horas, para el mediodia del 12 de Mayo. Esta hora está comprehendida entre los mediosdias de los dias 11 y 12, y por lo tanto se hallará la declinación como sigue,

Declinacion del Sol el 11 á mediodia.	. 17°. . 56′ . 49″ *boreal.*
Declinacion del Sol el 12 á mediodia.	. 18 . 12 . 00
Segunda diferencia.	15 . . 11=15′2
Se dirá, 24 : 15′2 : : 2′5 : 1′5=	—01′ . . . 30″
Declinacion del 12 es . .	18° . 12 00
Declinacion que se busca .	18 . 10 . . . . . 30 *boreal.*

3.° Teniendo presente la figura 20.ª se hallarán la altura verdadera y observacion como sigue.

Altura del limbo inferior del Sol sobre el horizonte de la mar . . . } *m′ot*	. 39° . 41′ . 56″
Depresion correspondiente á 67 pies de elevacion (página 1 de la Coleccion) . . } *bot*	. . —07 . 44
Resulta *m′ob*	. 39 . 34 . 12
Refraccion (página 5 de la Coleccion) *m′om*	. — 01 . 09
Resulta *mob*	. 39 . 33 . 03
Paralaxe (página 6 de la Coleccion) *omc*	. . . +07
Resulta *mpb=mcH*	39 . 33 . 10
Semidiámetro (página 6 de la Coleccion) *mca*	. +15 . 52
Resulta la altura verdadera *acH* . .	. 39 . 49 . 02
Restada de *HcZ*	. 90 . 00 . 00
Observacion *acZ*	. 50 . 10 . 58

4.° Hecho esto se trazará la figura 25.ª, en la qual, *HZR*

Digitized by Google

representa la mitad del meridiano; *HeR* el horizonte; *Z* el zenit; *R* el punto cardinal norte, y *H* el punto cardinal sur.

Se tomará desde *Z*, hácia el norte, el arco *Za* igual á la observacion; y el astro estará en *a*.

Por ser la declinacion norte estará el astro al norte de la equinoccial, y la equinoccial estará al sur del astro. Tómese pues desde *a*, hácia el sur el arco *aE* igual á la declinacion, y resultará la equinoccial en *E*.

5.° Porque el zenit *Z* se halla al sur de la equinoccial *E*, será sur la latitud *EZ*, que se halla como sigue.

Observacion norte *Za*	50°	10′	58″
Declinacion norte *Ea*	— 18	10	30
Latitud sur *EZ*	32	00	28

532. Para que se vea que observando lo enseñado en la Aritmética (*Arit. art.* 63 *á* 86) se pueden dar muchas reglas generales sencillísimas, llámese *o* la observacion, de paso superior: *d* la declinacion: y *l* la latitud: y se puede decir que será siempre $l = d \; o$, tomando á *l*, *d*, y *o*, positivas quando son boreales, y negativas quando australes. Se comprueba la bondad de esta regla general aplicándola á varios exemplos resueltos con el auxilio de la figura; y si ocurre alguna dificultad en el canvio de signos, se puede ver lo dicho en el Exámen Marítimo Adicionado (*Art.* 27).

Problema III.°

533. Dada la hora aparente de un meridiano, y su diferencia de longitud con el de las tablas, hallar el horario de un astro.

Construccion general. Hágase la figura 26.ª, en la qual el círculo terminador representa la equinoccial, *n* el polo del norte (que se imagina elevado sobre la figura), *s* el lugar del Sol en la equinoccial, *so* la direccion de oriente á occidente; y *se* la de occidente á oriente, que es aquella en que la tierra gira, dando una vuelta completa respecto al Sol en 24 horas.

Caso 1.° Si se trata del Sol, y la hora es civil de la tarde, ó astronómica menor que 12 horas, está claro que tomando desde el Sol *s* el arco *seb* (hácia oriente) igual á la hora, se hallará en *b* el meridiano: y por consiguiente el horario occidental *bes* será la misma hora.

Si la hora es civil de la mañana, tomando desde el Sol *s* el arco *seb* igual á dicha hora, estará en *b*

Digitized by Google

el meridiano inferior del lugar; y el superior estará en el punto diametralmente opuesto *m*. Será pues el horario oriental *mos*= *msb*— *sb*: esto es, igual á la hora restada de 12 horas.

Si la hora es astronómica, mayor que 12 horas, será dicha hora *sebm*, y *mos* el horario oriental, igual á *sebms*— *sebm*: esto es igual á la hora astronómica restada de 24 horas.

Caso 2.° Si se trata de otro astro, se hallará ante todas cosas la hora reducida (*Art.* 478 *núm.* 2.°): y por medio de las tablas del Almanaque se calcularán las ascensiones rectas del Sol y del astro de que se trata, para la hora reducida.

La ascension recta del Sol se restará de la del otro astro (aumentada de 24 horas si es menor) y resultará la diferencia de ascension oriental de dicho astro: esto es, el arco de equador que hay desde el lugar del Sol hasta el del astro contado hácia oriente.

Hecha la figura, tómese desde el Sol *s* hácia oriente un arco igual á la hora astronómica, y resultará el punto de la equinoccial en que se halla el meridiano del lugar.

Tómese tambien desde el Sol *s*, en la propia direccion *se*, un arco igual á la diferencia de ascension, y resultará el lugar del astro en el equador.

Practicado esto, la figura manifestará la operacion de Aritmética que se ha de executar para obtener el horario que se pide.

Exemplo.

534. Se quiere saber qual es el horario de Régulo el 22 de Febrero de 1796, quando son las 11 horas . . 23′ . . 50″ de la noche, en un lugar situado 42° . . 37′ al este de Cádiz.

Como se han puesto ya muchos exemplos del uso de las tablas del Sol construidas para el año de que se trata, supondrémos en este que nos valemos de la tabla del Almanaque de 1795 por lo dicho (*Art.* 478 *núm.* 3.°): esto es, hallando la hora reducida por la fórmula $R=+H-6bor.\times n.+11'\times n+24bor.\times b+h.$

Será pues, en este caso, $H=11$ hor. . 23′ . . 50″. Serán tambien $n=1$, y $b=o$: y por el método que se ha repetido tantas veces, se hallará h=2 hor. . . 50′ . . 28″: y por estar el lugar al este, se deberá tomar en dicha fórmula h con signo negativo.

Digitized by Google

Executando la suma segun lo enseñado en la Aritmética (*Arit. art.* 82) se hallará el valor de *H* como sigue

$+H=\ldots+11$hor. . 23′ . 50″	-6hor. $\times n=-6$hor. 00′ . 00″
$+11'\times n=\ldots+11$	$h=\ldots-2\ .\ 50\ .\ 28$
$+11\ldots 34\ .\ 50$	$-8\ .\ 50\ .\ 28$
$-08\ldots 50\ .\ 28$	

$R=\ldots+2\ .\ 44\ .\ 22=164'4.$

Esta hora reducida está comprehendida entre los mediosdias del 22 y 23 de Febrero de 1795, y por lo tanto se hallará la ascension recta del Sol para dicha hora como sigue.

Ascension del Sol el 22 . .	22 hor. . 23′ . .	20″′1
Ascension del Sol el 23 . .	22 . 27 .	08 ′2
Segunda diferencia	3 .	48 ′1

Esta segunda diferencia en segundos es 228″′1.

c. a. del logaritmo de 24 horas en minutos . .	6′8416
logaritmo de la segunda diferencia 228′1 . . .	2′3581
logaritmo de la tercera diferencia 164′4 . . .	2′2159
logaritmo de la correccion 26″	1′4156

Ascension recta del Sol el 22 á mediodia	22 horas . 23′ .	20″′1
Correccion	. . .	+26 ′0
Ascension recta del Sol que se pide .	—22 . .	23 . 46 ′1
La de Régulo, que se halló (*Art.* 506 *num.* 3.º) aumentada de 24 horas es .	. 33 . .	57 . 29 ′2
Diferencia de ascension oriental . .	11 . .	33 . 43 ′1

Tómese pues (*fig.* 26.ª) desde el Sol *s* hácia oriente el arco *seb*, igual á la hora del lugar, y será *b* el punto en que se halla el meridiano superior.

Tómese así mismo desde *s*, en la propia direccion, el arco *sebu*, igual á la diferencia de ascension de Régulo, que corresponderá al punto *u*.

Su horario será pues *bu* oriental (por estar el astro *u* al orien-

Digitized by Google

te del meridiano *b*) y se halla como sigue.

Hora astronómica *seb* . . . —	11 hor.	. . .	23′	. . . 50″60
Diferencia de ascension *sebu* .	11	. .	33	. 43 ′1
Horario oriental de Régulo *bu*	.	. .	9	. 53 ′1

Problema IV.°

535. Conocida, al poco mas ó ménos, la longitud de un lugar, y el horario de un astro, hallar la hora de tiempo aparente que es en el meridiano de dicho lugar.

Construccion general. Para la solucion de este problema sirve la misma figura 26.ª, de que se hizo uso en el problema anterior. En ella se coloca el astro en qualquier parte, y se indican las direcciones este y oeste, para evitar equivocaciones. Es menester que se exprese si el horario es oriental ú occidental: y en el primer caso el astro estará al oriente del meridiano, ó lo que es lo mismo, el meridiano estará al occidente del astro, y lo contrario sucederá en el segundo caso.

Caso 1.° Si se trata del Sol, y el horario es occidental, tomando desde el Sol *s* el arco *seb*, igual al horario, hácia oriente, estará en *b* el meridiano, y el horario y la hora estarán representados por dicho arco *seb*.

Si el horario es oriental, tomando el arco *som*, igual al horario, hácia occidente, estará en *m* el meridiano superior, y en el punto diametralmente opuesto *b*, el inferior. Será pues la hora astronómica *sebm*=*sebms*—*som*: esto es, igual al horario restado de 24 horas. La hora civil será la distancia del Sol al meridiano inferior *seb*=*msb*—*ms*: esto es, igual al horario restado de 12 horas.

Caso 2.° Si se trata de una Estrella fixa, se hallará su ascension recta, la del Sol para el mediodia del meridiano de las tablas, y la diferencia diaria de ascension del Sol: esto es, la que contrae en 24 horas, que se llama la aceleracion de las fixas (*Art.* 253).

La ascension recta del Sol se restará de la ascension de la Estrella (añadiendo á esta 24 horas, si es menor) y resultará su diferencia de ascension con el Sol, oriental: esto es, el arco de equador que hay del lugar del Sol

Digitized by Google

al de la Estrella, contando hácia oriente: ó lo que es lo mismo, el que hay del lugar de la Estrella al del Sol, contando hácia occidente.

Hecho esto, se construirá la fig. 26.ª, y en ella se señalará el lugar de la Estrella en qualquier parte del equador, y las direcciones este y oeste.

Se tomará desde el lugar de la Estrella un arco igual á su horario, hácia occidente si es oriental, y hácia oriente si es occidental, y resultará el lugar del meridiano.

Se tomará desde el lugar de la Estrella hácia occidente otro arco igual á su diferencia de ascension oriental, y resultará el lugar del Sol en el equador.

Executado esto, la figura indicará la operacion de Aritmética que se debe hacer para hallar la hora aproximada del lugar.

Con esta hora aproximada se hallará la reducida, y por medio de una proporcion se determinará la diferencia de ascension que el Sol contrae desde mediodia hasta dicha hora: esto es, la aceleracion de la Estrella correspondiente á dicho intérvalo.

Dicha aceleracion se restará de la hora aproximada del lugar, y resultará la hora corregida: esto es, la hora que realmente es en el meridiano del observador.

Caso 3.º Si se trata de un Planeta, se hallará primero su ascension recta y la del Sol para el mediodia del meridiano de las tablas.

1.º Se hallarán así mismo las diferencias de ascension que contraen uno y otro en 24 horas; y (considerándole á la del Planeta el signo ménos si va en diminucion) se restará la del Sol de la del Planeta segun la regla de la Aritmética (*Arit. art.* 85): y el residuo será el retardo ó aceleracion del Planeta segun que resulte con signo + ó —.

2.º Hallada, como ántes, la hora aproximada del lugar y la reducida, se determinará por una proporcion la correccion que se ha de aplicar á la hora aproximada del lugar para obtener la corregida. Dicha correccion es subtractiva quando el Planeta acelera y aditiva quando retarda, esto es, que se debe aplicar con el mismo signo que tiene el residuo que se halló (*núm.* 1.º).

Advertencia.

536. La primera hora que se halla en los casos 2.º y 3.º es solo aproximada, porque el Sol se coloca en la figura suponiendo que su diferencia de ascension con el astro

Digitized by Google

es la que tenia al ser mediodia en el meridiano de las tablas, y en rigor se debe hacer uso de la diferencia de ascensiones correspondiente á la hora reducida, que al principio se ignora enteramente.

Si en el caso 3.° se trata de la Luna, y se quiere mucha exactitud en el cálculo, con la hora corregida del lugar se hallará la hora reducida corregida, y con esta el verdadero retardo de la Luna, con el qual se corregirá la hora aproximada.

Exemplo.

537. Supongamos un caso inverso del propuesto (*Art.* 534): esto es, que se quiere saber que hora será en un meridiano situado 2 horas . . 50′ . . 28″ al este de Cádiz, quando el horario oriental de Régulo sea de 9′ . . 53″‘1 el dia 22 de Febrero de 1796: y nos valdrémos del Almanaque de este mismo año.

Ascension del Sol el 22 es . .	22 horas .	22′ . . .	24″‘2
Ascension del Sol el 23 es . .	22 .	26 .	12 ‘3
Aceleracion en 24 horas es . .	. .	3 .	48 ‘1
Ascension del Sol el 22 es . .	—22 horas . .	22′ .	24″‘2
La de Régulo, que se halló en el *art.* 506 *num.* 3.°, aumentada de 24 horas . . . . . }	es 33 .	57 .	29 ‘2
Dif. de ascension oriental de Régulo .	11 .	35 .	05 ‘0

Supóngase pues (*fig.* 26.ª) colocada la Estrella en *u*, y tomando desde *u* hácia occidente el arco *ub*, igual al horario oriental, resultará en *b* el meridiano superior del lugar.

Tómese así mismo desde *u* hácia occidente el arco *ubs* igual á la diferencia de ascension oriental de la Estrella, y resultará el lugar del Sol *s*.

Hecho esto, la figura manifiesta que la hora aproximada es *seb*, que se halla como sigue.

Diferencia de ascension oriental de Régulo *sbu* .	11 hor. .	35′ .	05″‘0
Horario oriental de Régulo *bu* . .	—00 .	09 .	53 ‘1
Hora aproximada del lugar *seb* , . .	11 .	25 .	11 ‘9
Diferencia de meridianos oriental . .	—02 . .	50 .	28 ‘0
Hora reducida aproximada	08 . .	34 .	43 ‘9

Digitized by Google

La aceleracion correspondiente á estas horas, que vienen á ser 8 horas y 34′ ‘7, esto es, 514′ ‘7, se halla diciendo 1440′ : 228″ ‘1 :: 514′ ‘7 : 81″ ‘6

Hora aproximada del lugar.	11 hor,	25′.	11″ ‘9
Aceleracion	. .	—1	. 21 ‘6
Hora exacta que se pide . .	11	. 23	. 50 ‘3

Esta hora es la misma que se supuso en el exemplo propuesto (*Art.* 534) con diferencia de 0″ ‘3, que es una cantidad muy despreciable.

Advertencia.

538. Si se pide la hora del paso del astro por el meridiano, esto equivale á decir que su horario es cero, y por lo tanto, se tomará desde el astro hácia occidente un arco igual á su diferencia de ascension oriental, y dicho arco será la hora aproximada del lugar, con la qual se hallará la reducida, la aceleracion ó retardo, y la hora corregida.

Si á la hora del paso del astro por el meridiano superior se le agregan 12 horas, ménos la aceleracion ó mas el retardo, resultará la hora del paso siguiente por el meridiano inferior: y restándole 12 horas á dicha hora mas la aceleracion ó ménos el retardo, resultará la hora del paso antecedente por el propio meridiano inferior.

Si en estas reglas se emplean 24 horas y la aceleracion ó retardo correspondiente, en vez de 12 horas, se obtendrán las horas de los pasos siguiente y antecedente del astro por el meridiano superior.

Exemplo.

539. El dia 26 de Junio de 1796 se quiere saber á que hora pasará la Estrella polar por el meridiano superior de un lugar situado 21′ de hora al este de Cádiz; y las horas de sus dos pasos, antecedente y siguiente, por el meridiano inferior.

Asc. del Sol el 26 es . .	6 horas .	23′.	50″ ‘2
Asc. del Sol el 27 es . .	6 .	27 .	59 ‘1
Aceleracion en 24 horas es .	, ,	, 4 .	08 ‘9
En 12 horas será	, ,	, 2 .	04 ‘4

Digitized by Google

La Estrella polar es la 4.ª del catálogo de la página 190 del Almanaque de 1796, en donde se hallan las cantidades del cálculo siguiente.

Variacion anual, . . 185''‘0=		03' . .	05''‘0
Número de años desde 1791 á 1796 es			5
Variacion en 5 años		15 .	25 ‘0
En 5 meses		1 . .	17
En 26 dias		.	13
Variacion total en grados		16' .	55''
En tiempo son		+ 1' .	07''‘7
Ascension de 1791	12 hor.	34 .	51 ‘0
Ascension que se busca	12 ,	35 .	58 ‘7
Ascension del Sol el 26 es . .	— 6 .	23 .	50 ‘2
Hora aproximada del lugar . . .	6 .	12 .	08 ‘5
Diferencia de longitud oriental . . .		—21 .	00 ‘0
Hora reducida aproximada . . .	5 .	51 .	08 ‘5
Se dirá 1440' : 248‘15 : : 351‘1 : 60‘5= . .		—1' . .	00''‘5
Hora aproximada del lugar . .	6 horas .	12 .	08 ‘5
Hora exacta del paso superior .	6 . .	11 .	08 ‘0
	12 . .	00 .	00 ‘0
Suma	18 . .	11 .	08 ‘0
Aceleracion en 12 horas		—2 .	04 ‘4
Hora del paso inferior siguiente .	18 . .	09 .	03 ‘6
Hora del paso superior . .	+6 horas .	11'	08 ‘0
	—12 . .	00 .	00 ‘0
Residuo	—5 . .	48 ,	52 ‘6
Aceleracion en 12 horas		+02 .	04 ‘4
Hora del paso inferior antecedente .	—5 . .	46 .	47 ‘6

Esto es, que el paso antecedente sucede 5 horas . . 46', 47''‘6 ántes del mediodia del dia 26: ó lo que es lo mismo, á las 18 13', , 12''‘4 del dia 25 en tiempo astronómico, que son las 6

horas . . 13′ . . 12″‘4 de la mañana del 26 en tiempo civil.

La hora del paso siguiente corresponde á las 6 horas , . 09′ , . 03″‘6 de la mañana del dia 27.

Advertencia.

540. Está claro , que si la distancia del equinoccio al Sol (esto es , la que hay del Sol al primer punto de Aries contada desde el Sol hácia oriente) se suma con la ascension recta de la Estrella , resultará la cantidad en que está esta mas oriental que el Sol , esto es , la diferencia de ascension oriental de la Estrella. Por esta razon , el poner en el Almanaque las distancias del equinoccio al Sol, facilita la solucion de este problema y del antecedente (*Art.* 499 *num.* 2.°).

Conviene advertir , que si resulta por este método una diferencia de ascension mayor que 24 horas , la verdadera diferencia es el exceso del resultado sobre esta cantidad.

541. Quando baste saber la hora del paso de la Estrella fixa por el meridiano con diferencia de 30″ , se puede corregir la hora aproximada con la aceleracion media (*Art.* 255) , y con esto se ahorra el hallar la ascension que el Sol contrae en 24 horas.

Problema V.°

542. Conocidas tres de estas cinco cosas , la latitud del lugar , el horario de un astro , su declinacion, altura verdadera , y azimut , hallar las dos restantes.

Resolucion. Imagínese un triángulo esférico como *ZNc* (*fig.* 18.ª) formado por la distancia del zenit al polo elevado *ZN* (que es complemento de la latitud del lugar) por la distancia del astro al zenit *cZ* (que es complemento de la altura si el astro está elevado , y un quadrante mas la depresion si está depreso) y por la distancia del astro al polo elevado *cN* (que es igual á un quadrante ménos ó mas la declinacion , segun que esta es de la misma ó contraria especie que la latitud del lugar). En dicho triángulo , el ángulo en el polo *cNZ* es el horario , y el ángulo en el zenit *NZc* es el azimut , contado desde el punto cardinal correspondiente al polo elevado.

Esto basta para ver con quanta facilidad se resuelve el problema , por medio de la Trigonometría esférica (*Esf. art.* 211).

543. Nos ceñirémos pues á especificar algunas modificaciones de que son susceptibles los términos conocidos , ó los que se trata de averiguar.

Digitized by Google

1.° En vez del horario se puede dar ó pedir la hora. En efecto, si se conoce la hora, de ella se deducirá el horario en horas por el problema III.° (*Art.* 533) que se reducirá á grados (*Art.* 145): y si se pide la hora, se reducirá á horas el horario en grados, que resulta de la resolucion trigonométrica (*Art.* 144) y del horario en horas se deducirá la hora por el problema IV.° (*Art.* 535).

2.° No es preciso que se dé la declinacion del astro, pues aunque este sea un Planeta, basta saber al poco mas ó ménos la diferencia de longitud del lugar con el meridiano de las tablas, el dia, y la hora aproxîmada, para poder hallar la declinacion por medio de las tablas del Almanaque Náutico (*Art.* 477 *y sig.*).

En el caso que tampoco se sepa la hora aproxîmada, se puede hacer primero un cálculo buscando la hora con la declinacion que tiene el astro á mediodia, y con esto se obtendrá la hora aproxîmada, para la qual se hallará la declinacion, &c.

En este caso, si el Planeta fuese la Luna, se necesitaria tercer cálculo para obtener el resultado con exâctitud.

3.° En quanto á la altura, si la dada es aparente, se reducirá á verdadera por lo enseñado (*Art.* 431): y si se pide la aparente, se deducirá esta sin dificultad de la verdadera (que es la que resulta del cálculo trigonométrico) por lo enseñado (*Art.* 434).

Tambien conviene advertir sobre este término, que si se pide la hora del nacer ó ponerse verdaderos de un astro, esto equivaldrá á decir que su altura verdadera es cero: esto es, que su distancia al zenit vale 90°, y así el triángulo será quadrantal, y se resolverá facilísimamente por lo dicho (*Esf. art.* 191).

Si se quiere saber á que hora aparecerá en el horizonte un punto del astro, esto equivale á decir que su altura aparente es *o*, ó que la distancia aparente de dicho punto al zenit es de 90°; y con este dato se hallará fácilmente la distancia verdadera del centro del astro al zenit, que es la que ha de entrar en el cálculo.

Si se quiere saber la hora en que empieza el crepúsculo matutino ó acaba el vespertino (*Art.* 179 *y sig.*): esto equivale á decir que la distancia verdadera del cen-

Digitized by Google

tro del Sol al zenit vale un quadrante mas 18°: esto es, 108°.

4.° Sobre el azimut hay que advertir, que en su lugar se puede poner la amplitud, que es su diferencia á un quadrante (*Art.* 106 *y sig.*).

Tambien se pueden pedir la altura y horario del astro al tiempo de cortar el vertical primario. Esto equivale á decir que el azimut es 90° (*Art.* 99) y por consiguiente el triángulo esférico será rectángulo en *Z*, y se resolverá por lo dicho (*Esf. art.* 190).

Tambien se tendrá presente que el azimut con que aparece un astro es el mismo que tiene realmente en aquel instante (*Art.* 430 *y sig.*) prescindiendo de una cortísima diferencia que solo es sensible en la Luna, y se suele despreciar (*Art.* 458).

Advertencia I.ª

544. En el caso de hallarse el astro en el horizonte verdadero, v. g. en *u* (*fig.* 18.ª) se puede tambien hacer uso del triángulo esférico *ure* rectángulo en *r*: en el qual, el ángulo *uer* (cuya medida es *DR*) es complemento de la latitud del lugar ó altura de polo *RN*; el lado *ue* es la amplitud; esto es la diferencia del azimut á 90°; y el lado *er* es la diferencia ascensional, esto es, la diferencia entre el horario y 6 horas ó 90°. Si la declinacion del astro es de especie contraria á la de la latitud, el triángulo es *mie*.

545. El que tenga presente la Trigonometría esférica, ya sea de estos triángulos *mie*, *ure* (*Esf. art.* 190), ya de los quadrantales *mZN*, &c. (*Esf. art.* 191) deducirá las analogías siguientes, que son de mucho uso.

1.° Para hallar la amplitud, se dice, *el coseno de la latitud de un lugar es al radio, como el seno de la declinacion del astro es al seno de su amplitud*, que siempre se cuenta aguda, esto es, del punto cardinal este ú oeste mas inmediato.

2.° Para hallar la diferencia ascensional, por lo advertido (*Esf. art.* 177) se puede decir, *el radio es á la tangente de la latitud de un lugar, como la tangente de la declinacion del astro al seno de su diferencia ascensional*, que tambien resulta aguda.

Digitized by Google

3.° Llamando á la latitud l, á la declinacion d, y á la amplitud a, es la analogía primera cos. l : R :: sen. d : sen. $a = \frac{R \times \text{sen. } d.}{\text{cos. } l.}$

Como todos los arcos de esta expresion son agudos, está claro que la amplitud aumenta al paso que aumenta la declinacion, porque con esto aumenta el numerador; y al paso que aumenta la latitud del lugar, porque con esto disminuye el denominador.

Tambien se deduce de dicha expresion, y de la comparacion de los triángulos esféricos (*fig.* 18.ª) *ure*, *mie*, que á una misma latitud y á iguales declinaciones norte y sur *ru*, *im*, corresponden iguales amplitudes verdaderas norte y sur *eu*, *em*.

4.° Si se llama s la diferencia ascensional, será la segunda analogía R : tan. l : : tan. d : sen. $s = \frac{\text{tan. } l \times \text{tan. } d.}{R}$.

Por ser agudos todos los arcos que entran en esta expresion, está claro que la diferencia ascensional aumenta al paso que aumentan la latitud y la declinacion.

De esto y lo dicho (*Art.* 418 *y sig.*) se deduce que en latitudes mayores son mas sensibles las diferencias diarias de las horas del nacimiento de los astros que resultan de sus diferencias de declinacion, y con esto se entenderá mejor lo que se supuso (*Art.* 307).

Exemplo del modo de hallar las horas del nacer y ponerse verdaderos del Sol.

546. Supongamos que se quieren averiguar las horas del nacer y ponerse verdadaros del Sol los dias menor y mayor del año en la latitud de 55°... 30′. Las declinaciones del Sol serán las máximas: esto es, iguales á la oblicuidad de la eclíptica, que supondrémos de 23°... 28′.

Se resolverá pues el problema como sigue (*Art.* 545 *núm.* 2.°).

R : tan. 55° . 30′ . 00″. .	L. tan. .	10′1628657
: : tan. 23 . 28 . 00 . .	L. tan. .	9′6376106
: sen. . 39 . 10 . 18 . .	L. sen. .	9′8004763

Esta diferencia ascensional reducida á tiempo es 2 hor. . 36′ . 41″

Agregándole	6
Resulta la hora del ocaso el dia mayor .	8 hor. 36′ . 41″
Restada esta hora de	12 . 00 . 00
Es la hora civil del orto dicho dia . .	3 hor. . 23 . 19

Digitized by Google

Duplando la hora del ocaso, resulta la duracion del dia mayor del año: esto es, el mayor arco diurno 17 hor..13'..22'', y el complemento á 24 horas, 6 hor..46'..38'', es el menor arco nocturno: esto es, la duracion de la menor noche.

Diferencia asc. en tiempo. . .	2 hor.	36'.	41''
Restada de	6	00	00
Da la hora del ocaso el dia menor .	3 hor.	23	19
Que restada de	12	00	00
Da la hora civil del orto el dia menor	8 hor.	36	41

Por el mismo estilo se halla que la duracion del menor dia es igual á la de la menor noche, y la duracion de la mayor noche igual á la del mayor dia.

Exemplo del modo de hallar la hora á que empieza el crepúsculo matutino ó acaba el vespertino.

547. Supongamos que se quiere averiguar á que horas tienen su principio y fin los crepúsculos de los dias mayor y menor del año, en la propia latitud 55°.. 30'.

1.° El dia mayor del año será la distancia del Sol al polo elevado 90° —(23°.. 28')=66°.. 32'; la del zenit al polo en dicha latitud será 34°.. 30', y la del astro al zenit debe ser en todos casos 108° al tiempo de empezar el crepúsculo matutino, ó finalizar el vespertino.

2.° La suma de los dos primeros lados 101°.. 02', es menor que el tercero 108°, y por consiguiente no hay triángulo (*Esf. art.* 109).

Esto proviene de que la depresion del Sol, aun quando se halla en el meridiano inferior, es menor que la del círculo crepuscular.

Esto se verifica siempre que la suma de los complementos de latitud y declinacion (*fig.* 18.ª) $ZN + NL$ es menor que 108°: en cuyo caso el habitante disfruta de un crepúsculo continuado.

Y quando la latitud mas la declinacion de contraria especie (*fig.* 18.) $ZE + EF$ resulte mayor que 108°, el habitante no disfrutará de la luz crepuscular aun en el momento de mediodia.

Si en estos casos ú otros se suponen datos imposibles, la resolucion trigonométrica dará un resultado absurdo v. g. un logaritmo de seno ó coseno con 10 de característica: esto es, un seno mayor que el radio. Esto servirá de advertencia para que

Digitized by Google

se repasen los datos, y se descubra la imposibilidad de que se verifique lo supuesto, teniendo presente lo advertido (*Esf. art.* 217).

Si los datos dimanan de observacion efectiva, y es poco el exceso del tercer lado sobre la suma de los dos, se puede suponer que los tres lados se confunden en un solo arco, y en tal caso, la figura manifestará la operacion de Aritmética con que se resuelve el problema.

3.° Para hallar el fin del crepúsculo vespertino del dia menor en dicha latitud de 55° . . 30′, se resolverá el triángulo esférico como sigue, empleando solo cinco cifras de mantisa. (Véase la Trigonometría esférica *art.* 207 *y art.* 211 *caso* V.°).

Dist. del zenít al polo .	634° . . 30′ . . 00″ . *L′.c. a.*	L. sen. 0′24687
Dist. del ⊙ al polo .	113 . . 28 . . 00 . *L″.c. a,*	L. sen. 0′03749
Dist. del ⊙ al zenit .	108 . . 00 . . 00 . *L‴*	
s	255 . . 58 . . 00	
$\frac{1}{2}s$ . . .	127 . . 59 . . 00 .	L. sen. 9′89663
Dist. del ⊙ al zenit .	108 . . 00 . . 00 . *L‴*	
d'' . . .	19 . . 59 . . 00 .	L. sen. 9′53370
Suma de logaritmos =	. . . .	L. $\cos^2\frac{1}{2}a$. 19′71469
$\frac{1}{2}a$. . . .	43 . . 56 . . 40 . .	L. cos. . . . 9′85734
a	87 . . 53 . . 20	
En tiempo son . .	5 hor. 51′ . . 33″	

Esta será pues la hora á que finaliza el crepúsculo vespertino; esto es, la hora á que empiezan á distinguirse las Estrellas de sexta magnitud. Su duplo 11 horas . . 43′ . . 6″ es el tiempo que pasa desde que el crepúsculo matutino empieza hasta que el vespertino acaba, &c.

Exemplo del modo de calcular la altura de una Estrella fixa.

548. Supongamos que se quiere saber qual es la altura de Régulo el dia 22 de Febrero de 1796, y quando son las 11 horas . . 23′ . . 50″ de la noche en un lugar cuya latitud es 37° . 49′ 53″ norte, y su diferencia de longitud oriental con Cádiz 42° . . 37′.

1.° Se hallará ante todas cosas el horario de Régulo en tiempo, como se executó en el artículo 534, y resultaron 9′ . 53″. 1. Este horario reducido á grados (*Art.* 145) es el ángulo en el polo 2° . . 28 . . 16″.

2.° Al tiempo de buscar la ascension recta de Régulo, para deducir de ella el horario, se hallará tambien su declinacion, que segun se dixo (*Art. 506 num. 4.°*) es de 12° . . 57′ . . 39″ boreal: y por ser tambien boreal la latitud, se restará dicha declinacion de 90° para obtener la distancia del astro al polo 77° . . 02′ . . 21″.

3.° La distancia del zenit al polo es el complemento de la latitud: esto es, 52° . . 10′ . . 07″.

4.° Báxese el perpendículo desde el zenit, y (*Esf. art. 157*) será la base la distancia del astro al polo B=77° . . 02′ . . 21″.

El primer lado será la distancia del zenit al polo L'= 52° . . 10′ . . 07″.

El primer ángulo será el horario A'=2° . . 28′ . . 16″.

El segundo lado (que se busca) L'' es la distancia del astro al zenit.

5.° Lo que en realidad se quiere averiguar es la altura a, que es el complemento de L'', y por lo tanto, se obtendrá directamente diciendo sen. a en vez de cos. L'' en la analogía que se enseñó (*Esf. art. 211 caso III num. 2.°*) como sigue,

R : cos. 2° . . 28′ . . 16″ . A'' . L. cos.	4	
	9'9995956	
: : tan. 52 . . 10 . . 07 . L' . L. tan.	10'1097960	
	305	
: tan. s' 52 . . 08 . . 34 . L. tan.	10'1094225	
B . . 77 . . 02 . . 21		
s″ . 24 . 53 . . . 47 .		
cos. s' . 52° . 08′ . 34″ c. a. L. cos.	108	
	0'212 0360	
: cos. s″ . 24 . 53 . 47 . L. cos.	9'9576381	
	29	
: : cos. L' . . 52 . 10 . 07 . L. cos.	9'7876930	
	81	
cos. L''=sen. a. 65 . 01 . 55 . L. sen.	9'9973889	

Advertencia II.ª

549. La operacion de hallar el horario de un astro es de mucho uso para arreglar los reloxes, y por lo tanto merece la pe-

Digitized by Google

na de aprender á executarla por un método mas expedito que el ordinario.

1.º Para la deduccion de dicho método supóngase que se quiere determinar la mitad del ángulo cNP (*fig.* 18.ª) del triángulo esférico cNP, por el teorema enunciado (*Esf. art.* 207) y será . . . .

$$\cos.^2\tfrac{1}{2}cNP=\frac{R^2\times\text{sen.}\left(\frac{PN+Pc+Nc}{2}\right)\times\text{sen.}\left(\frac{PN+Pc+Nc}{2}-Pc\right)}{\text{sen. }cN\times\text{ sen. }PN}$$

2.º Por ser cNP suplemento de cNZ, la mitad de cNP será complemento de la mitad de cNZ: y por lo tanto, será cos. $\frac{1}{2}cNP=$sen. $\frac{1}{2}cNZ$;

3.º Llámese pues H el horario cNZ, y será cos.$^2\frac{1}{2}$ $cNP=$ sen.$^2\frac{1}{2}H$.

4.º Llámese l la latitud del lugar, y será $PN=PR+RN=90^\circ+l$.

5.º Llámese a la altura verdadera del astro bc, y será $Pc=Pb+bc=90^\circ+a$.

6.º Llámese d la declinacion ic (que suponemos de la misma especie que la latitud) y será $Nc=Ni\ \ ic=90^\circ-d$.

7.º Substitúyanse todos estos valores (*num.* 3.º, 4.º, 5.º y 6.º) en la expresion final del *num.* 1.º, y resultará . . . . .

$$\text{sen.}^2\tfrac{1}{2}H=\frac{R^2\times\text{sen.}\left(\frac{270^\circ+l+a-d}{2}\right)\times\text{sen.}\left(\frac{270^\circ+l+a-d}{2}-90^\circ-a\right)}{\text{sen.}(90^\circ-d)\times\text{ sen.}(90^\circ+l)}$$

y como la mitad de 270º es lo mismo que 90º mas la mitad de 90º equivaldrá dicha expresion á esta otra . . . . . .

$$\text{sen.}^2\tfrac{1}{2}H=\frac{R^2\times\text{sen.}\left(90^\circ+\frac{90^\circ+l+a-d}{2}\right)\times\text{sen.}\left(\frac{90^\circ+l+a-d}{2}-a\right)}{\text{sen. }(90^\circ-d)\times\text{ sen. }(90^\circ+l)}$$

que por ser el seno de todo arco igual al coseno de la diferencia que hay entre dicho arco y el quadrante, ya sea por exceso ya sea por defecto, se mudará en esta . . . .

$$\text{sen.}^2\tfrac{1}{2}H=\frac{R^2\times\cos.\left(\frac{90^\circ+l+a-d}{2}\right)\times\text{sen.}\left(\frac{90^\circ+l+a-d}{2}-a\right)}{\cos.d\times\cos.l}$$

Supóngase finalmente $90^\circ+l+a-d=s$, y resultará por fin . . . . .

$$\text{sen.}^2\tfrac{1}{2}H=\frac{R^2\times\cos.\frac{1}{2}s\times\text{sen.}\left(\frac{1}{2}s-a\right)}{\cos.d\times\cos.l}$$

Digitized by Google

550. Esta expresion es general, siempre que se atienda á los signos particulares de a y d: pues en quanto á l es siempre positiva.

1.° Si a es negativa (esto es, si a representa una depresion) se deberá restar su valor numérico para hallar el de s, y se deberá sumar su valor numérico con el de $\frac{1}{2}s$ para obtener el arco cuyo seno es el último término del número rador en la expresion de $\text{sen.}^2\frac{1}{2}H$.

De esta reflexion resulta, que si se quiere considerar como positiva á a quando representa la depresion del astro, se obtendrá el horario por medio de las expresiones siguientes, $s = 90° + l + a - d$, y

$$\text{sen}^2\tfrac{1}{2}H = \frac{R^2 \times \text{sen.}\ \frac{1}{2}s \times \text{cos.}\ (\frac{1}{2}s - a)}{\text{cos.}\ d \times \text{cos.}\ l}.$$

2.° En quanto á d, si la declinacion es de especie contraria á la de la latitud, será negativa: y como en el valor de s tiene el signo —, se deberá sumar en tal caso su valor numérico: porque restar $-d$ equivale á sumar $+d$ (*Arit. art.* 88).

551. Para el caso mas fácil: esto es, para quando el astro está elevado y la declinacion y latitud son de especies opuestas, resulta la siguiente

Regla:

1.° Súmense 90°, la latitud, la altura, y la declinacion, y tómese la mitad, que llamarémos *semisuma*.

2.° De la semisuma réstese la altura, y llámese el residuo *diferencia*.

3.° Búsquense los complementos aritméticos de los logaritmos de los cosenos de la latitud y declinacion, el logaritmo del coseno de la semisuma, y el del seno de la diferencia.

4.° Súmense estos quatro logaritmos. Tómese la mitad de la suma; y buscando su logaritmo correspondiente en las tablas de los logaritmos de los senos, se obtendrá la mitad del horario.

5.° Se duplará la mitad del horario, y se reducirá á horas si fuese necesario: ó bien se multiplicará la mitad del horario por 8, y se rebaxarán los productos á la especie inferior inmediata, y con esto se tendrá el horario total en tiempo (*Art.* 144).

6.° La razon de esto último es, que lo mismo es multiplicar primero por 2 y despues por 4 que multiplicar desde luego por 8 (*Arit. art.* 109).

552. Si la declinacion d es de la misma especie que la latitud, en vez de la *semisuma* se empleará la *semidiferencia*, que se halla como sigue

1.° Súmese 90°, la latitud, y la altura.

Digitized by Google

2.º De la suma réstese la declinacion.

3.º Súquese la mitad del residuo, y se tendrá la semidiferencia.

4.º La regla para este caso es la misma de ántes (*Art.* 551) con la única variacion de decir *semidiferencia* donde se dixo *semisuma*.

553. Si el astro está depreso se practicará lo mismo que si estuviese elevado, con la sola variacion de buscar el seno de la semisuma ó semidiferencia (segun el caso), y el coseno de la diferencia.

Exemplo 1.º

554. Para el caso de estar el astro elevado y ser la declinacion de especie contraria á la de la latitud, se procederá como sigue

	90 .	00′ .	00″	
l .	37 .	49 .	53	. *c* . *a* . *L* . cos. 0′10247
a .	21 .	15 .	08	
d .	12 .	57 .	39	. *c* . *a* . *L* . cos. 0′01120
s .	162 ,	02 .	40	
$\frac{1}{2}s$.	81 .	01 .	20	. . *L* . cos. 9′19327
a.—	21 .	15 .	08	
dif.	59 .	46 .	12	. . *L* . sen. 9′93652
Suma de logaritmos				. . . . . 19′24346
$\frac{1}{2}H$=24	.	44 ,	32	. . *L* . sen. 9′62173
Multipl..	. .	. .	8	
Horario . .	3 hor. .	17′ .	56″	. 16‴

Exemplo 2.º

555. Para el caso de estar el astro elevado, y ser la declinacion de la misma especie que la latitud, supondrémos el caso inverso del propuesto (*Art.* 548), que se resolverá como sigue

	90 .	00′ .	00″	
l.	37 .	49 .	53 .	. *c. a. L.* cos. 0′10247
a.	65 .	01 .	55	
Suma. .	192 .	51 .	48	
d —	12 .	57 .	39 .	. *c. a.* L. cos. 0′01120
Residuo . .	179 ,	54 .	09	{ 6′92861
Semidif. . .	89 .	57 .	04′5	. . *L.* cos. { 124
a.—	65 .	01 .	55	
Dif. .	24 .	55 .	09′5	. . *L.* sen. { 9′62459 4
Suma de logaritmos				. . . . . 16′66815
$\frac{1}{2}H$.	1 .	14 .	12	. . . L. sen, 8′33407
Multiplicador	. .	.	8	
Horario .	0 horas	9′ .	53″ .	36‴ .

Digitized by Google

Este horario es el mismo que se supuso en el artículo 548 con despreciable diferencia.

Advertencia III.ª

556. En el problema V.º está comprehendido el caso de calcular la latitud de un lugar siempre que se conozcan la declinacion, altura, y horario de un astro. Pero como es muy raro que se sepa la hora y se ignore la latitud, esto solo tiene uso quando se trata de la Estrella polar, que por su cercania al polo forma con el círculo vertical, meridiano y máxîmo de ascension un triángulo, en el qual un error de consideracion en el horario produce otro despreciable en la latitud que se busca: y mas quando dicha Estrella no se halla muy distante de los meridianos superior ó inferior. Se puede ver lo que sobre esto dice el Capitan de Navio Don Dionisio Alcalá Galiano en el Almanaque de 1796 página 217.

Problema VI.º

557. Hallar la distancia aparente de los limbos de dos astros á una hora determinada de un lugar cuya latitud y longitud se conocen.

Resolucion. Por el problema V.º (*Art.* 542) se calcularán el azimut y la altura verdadera del primer astro. Esta altura se reducirá á distancia aparente del centro del astro al zenit (*Art.* 436).

Se practicará lo mismo con el segundo astro.

Hecho esto, se conocerán los ángulos que los dos círculos verticales forman con el meridiano, y por consiguiente será fácil averiguar el que forman entre sí.

Sea pues *s* (*fig.* 27.ª) el lugar aparente del centro del primer astro, *o* el del segundo, y en el triángulo *sZo* se conocerán los lados *sZ*, *oZ*, y el ángulo *sZo*. Será pues fácil el calcular la distancia aparente de los centros de los dos astros *so* (*Esf. art.* 211 *caso* III *num.* 2.º).

Averiguada dicha distancia, búsquense los semidiámetros de los astros en altura (*Art.* 515 *á* 518), súmense, y réstese esta suma de la distancia aparente central *so*.

Un residuo positivo manifestará la menor distancia de los limbos de los astros separados *en*: y un residuo negativo expresará la distancia (*fig.* 28.ª) *en* aparente de los limbos quando parte del disco del uno cae sobre el otro, contando dicha distancia en la direccion que va de centro á centro.

Digitized by Google

Por este método se puede calcular un eclipse de Sol, una ocultacion de una Estrella fixa ó Planeta por la Luna, &c.

Problema VII.°

558. Conocidas las alturas aparentes y distancia de los limbos de dos astros, calcular la distancia verdadera de sus centros.

Resolucion. Se calcularán los semidiámetros de los dos astros en altura (*Art.* 515 *á* 518) y con esto se reducirá la distancia aparente de los limbos *en* (*fig.* 27.ª) á distancia aparente de los centros *so*.

De las alturas se deducirán las distancias aparentes *sZ*, *oZ*, y verdaderas *cZ*, *aZ*, de los centros de ámbos astros al zenit (*Art.* 430 *y sig.*).

Con las distancias centrales aparentes de los astros al zenit *sZ*, *oZ*, y la de centro á centro *so*, se calculará el ángulo *sZo*, formado en el zenit por los dos verticales (*Esf. art.* 211 *Caso V*).

Hecho esto, con dicho ángulo y las distancias verdaderas de los centros de los dos astros al zenit *cZ*, *aZ*, se calculará la verdadera distancia de centro á centro *ca*, que es el tercer lado del triángulo *cZa* (*Esf. art.* 211 *caso III núm.* 2.°).

Advertencia.

559. Si uno de los astros varia muy poco de ascension (como les sucede á las Estrellas fixas, al Sol y á los Planetas, excepto la Luna) bastará conocer la latitud del lugar, la hora, y su diferencia de longitud con el meridiano de las tablas con diferencia de algunos grados, para poder hallar por el problema V (*Art.* 542) la distancia verdadera de su centro al zenit. De dicha distancia verdadera se deducirá la aparente (*Art.* 436) y con esto se resolverá el problema sin necesidad de observar la altura de dicho astro.

Problema VIII.°

560. Conociendo dos alturas de un mismo astro, el tiempo que ha mediado entre la primera y la segunda, y su declinacion, hallar la latitud del lugar.

Resolucion. Represente *HZR* (*fig.* 29.ª) la mitad del

Digitized by Google

meridiano, *Z* el zenit, *P* el polo elevado, y *e* y *a* el centro del astro en sus dos posiciones. Esto supuesto, de las alturas aparentes dedúzcanse las correspondientes distancias verdaderas del astro al zenit *eZ*, *aZ*: y de las declinaciones dedúzcanse las distancias al polo elevado *eP*, *aP*.

Si se trata del Sol, las horas que han mediado entre las dos alturas manifestarán el valor del ángulo *ePa*: y si se trata de otro astro, se deberá sumar la aceleracion ó restar el retardo correspondiente á dicha diferencia de tiempo para tener el valor de dicho ángulo, que se reducirá á grados.

1.° En el triángulo *ePa*, se cenocerá *eP*, *aP*, y el ángulo en *P*, y se calcularán, el lado *ea* y ángulo *Pae* (*Esf. art.* 211 *caso III.*).

2.° En el triángulo *aZe* se conocerán los tres lados, y se calculará el ángulo *Zae* (*Esf. art.* 211 *caso V*).

En el caso que representa la figura 29.ª se restará de *Zae* el ángulo *Pae* (que se halló ántes *núm.* 1.°) para obtener *PaZ*.

3.° Con esto, en el triángulo *PaZ* se conocerá el ángulo *PaZ*, y los lados *aZ*, *aP*, y se podrá calcular *ZP*, que es el complemento de la latitud que se busca (*Esf. art.* 211 *caso III núm.* 2.°).

4.° Si se hubiesen calculado primero los ángulos en *e*, se vendria en conocimiento del ángulo *PeZ*, y se trataria de resolver el triángulo *eZP*.

561. Si la segunda altura se toma en distinto parage de la Tierra, y se quiere averiguar la latitud de dicho segundo punto, se reducirá la primera altura al lugar de la segunda, sumándole los minutos que se hubiesen caminado hácia el astro, ó restándole los que se hubiesen caminado en direccion opuesta.

Para esto será preciso observar, al poco mas ó ménos, el azimut del astro al tiempo de tomar la primera altura.

562. Este método es exâcto quando al tomar una de las alturas está el astro inmediato al meridiano: y conviene que dichas alturas disten mucho si ámbas se han observado hácia el mismo lado respecto al meridiano, y que disten poco si se han observado hácia lados opuestos: esto es, si el un horario es oriental y el otro occidental.

Digitized by Google

563. Si *a* y *e* son dos astros distintos, cuyas alturas se toman á un mismo tiempo, el ángulo *aPe* será su diferencia de ascension, y por consiguiente se podrá resolver el problema en los mismos términos.

Y aunque no se tomen las dos alturas á un mismo tiempo, bastará reducir á grados el que á mediado entre la una y otra altura, y agregarlo á la diferencia de ascension de los astros, para obtener el verdadero valor del ángulo *aPe*, si la variacion de ascension de los astros no ha sido sensible en dicho intérvalo.

564. Sobre este problema se puede ver una excelente Memoria escrita por el Capitan de Navio Don Dionisio Alcalá Galiano, impresa en Madrid el año 1795. En ella examina el Autor las circunstancias mas ventajosas, y enseña un método nuevo mas breve que el que hemos apuntado: y aunque no lo es tanto como otro inventado por Douves, tiene la ventaja de que el mismo resultado manifiesta el grado de confianza que se puede tener en él.

Suplemento á algunos artículos de la Cosmografía.

565. (á los artículos 15 y 459) Si en la figura 5.ª se supone que está en *S* el ojo del observador, es evidente que descubrirá la mitad del cuerpo *oedilxo* ménos la zona terminada por el círculo máximo *zl* y su paralelo *em*. Y de lo dicho en los artículos 15 y 459 se deduce que el ancho de dicha zona es igual el semidiámetro del cuerpo *c*. Luego desde la Tierra se descubrirán las mitades del Sol y de la Luna, ménos una zona de 16′ de ancho, poco mas ó ménos (*Art.* 515 y 516).

566. (á los artículos 16 y 451). Si *S* es el Sol (*fig.* 5.ª) y *oeilo* la Tierra, el cono *kvt* representará su sombra: y de lo dicho en los artículos 16, 451 y 459 se deduce que el ángulo *zvc* es igual al semidiámetro del Sol ménos su paralaxe horizontal; que por la pequeñez de esta (*Art.* 508) apenas difiere del semidiámetro. Será pues *zvc* de unos 16′ (*Art.* 515).

567. La paralaxe de Marte es mucho menor, y por lo tanto no podrá llegar á él la sombra de la Tierra.

568. Tambien se deduce de lo establecido en el artículo 16 que (prescindiendo de la refraccion) el Sol *S* ilumina la mitad de la Tierra *c*, mas una zona del ancho de su semidiámetro, con corta diferencia: esto es, mas una zona de cosa de 16′ (*Art.* 515).

569. La paralaxe horizontal del Sol, respecto de un Observador colocado en la Luna, seria cerca de quatro veces menor que la que observamos en la Tierra (*Art.* 26 y 457) y así, se puede decir que el Sol ilumina la mitad de la Luna, mas una zona del ancho de su semidiámetro: esto es, mas una zona de cosa de 16′ (*Art.* 515).

Digitized by Google

570. (al artículo 63 *num.* 9.°). Se puede demostrar que la latitud del Planeta en los límites es la máxima é igual á la inclinacion, por el mismo estilo que se sigue en el artículo 195 para demostrar que la declinacion máxima del Sol resulta quando dista 90° de los puntos equinocciales, y es igual á la oblicuidad de la eclíptica.

571. (á los artículos 112 y 113). No convienen los Autores en la aplicacion de las expresiones *circulos de longitud*, y *circulos de latitud* terrestres. Unos aplican la primera denominacion á los meridianos y la segunda á los paralelos al equador. Otros, al contrario, llaman *circulos de latitud* á los meridianos terrestres, y *circulos de longitud* á los paralelos. Por esta razon, lo mas acertado, para evitar dudas, es substituir las expresiones de *máximos* y *paralelos* á la de *circulos*, que no determina de quales se trata.

En este caso, adoptando las dominaciones de que usan por lo regular los Ingleses (como se ha hecho desde el artículo 378 al 388) donde dice en el artículo 112 *circulos de latitud* se dirá *máximos de longitud*: y en vez de *circulos de longitud*, se dirá en el artículo 13, *paralelos de latitud.*

572. (al artículo 270). En el artículo 569 del suplemento se manifiesta la distancia que hay del círculo menor que termina la parte de la Luna que se descubre desde la Tierra al círculo máximo paralelo á él.

573. (al artículo 283 núm. 1.°). Mas adelante (*Art.* 515 y 516) se manifiesta que en el caso de estar la Luna en el apogeo y la Tierra en el perihelio, es el semidiámetro del Sol mayor que el de la Luna: y por consiguiente el disco de la Luna no cubrirá al Sol enteramente.

574. (al artículo 307). En el artículo 543 núm. 3.° se enseña á calcular las horas del nacer y ponerse de los astros.

575. (al artículo 460 núm. 3.°). En rigor la proporcion se verifica con los senos de los semidiámetros, que por su pequeñez se pueden considerar confundidos con los arcos.

576. (al artículo 461). De lo que se dice en el art. 565 del suplemento se sigue que *bci* (*fig.* 22.ª) es la paralaxe horizontal de la Luna, que nunca llega á 62'. Y de la razon del radio á la circunferencia se deduce que el arco *ib* de 62' es poco mas de $\frac{1}{57}$ del radio *cb*.

577. (al art. 467). Para entender bien lo que se establece en este artículo, es menester advertir, que de lo demostrado en la Aritmética (*Arit. art.* 109) se deduce que lo mismo es quadrar un producto que multiplicar entre sí los quadrados da sus factores; y así, tambien será lo mismo extraer la raiz quadrada del producto que extraer las raices de sus factores separadamente, y multiplicarlas: y tambien se ha establecido (*Arit. art.* 146) que el dividir uno de los factores y multiplicar el otro por el quociente equivale á dividir el producto.

Esto supuesto, operando con los números se debia duplar el

Digitized by Google

radio de la Tierra (para obtener el diámetro); sacar la raiz quadrada de dicho resultado, partirla por el número de pies que tiene una milla y multiplicar el quociente por la raiz quadrada de la elevacion del ojo del Observador. Esto mismo facilita la inteligencia de lo que se dice mas adelante en los artículos 470 y 473.

578. (al artículo 526 número 3.°). El resultado es mas bien 23°. . 10'.

579. (al artículo 539). Por equivocacion se han tomado los grados de ascension recta de la Polar en vez de las horas, en el exemplo del artículo 539. Por esta razon los resultados no corresponden á dicha Estrella, sino á otra cuya ascension recta sea de 12 horas . . 35' . . 58''7 el año de 1796.

1.° Si á las horas de los pasos se quita 1'' se tendrán los de la Estrella de segunda magnitud llamada *Beta de la Cruz.*

2.° Tomando la verdadera ascension recta de la Polar del año 1791, que es 5° . . 19''4 se hallarán los resultados siguientes.

3.° El paso superior, que se pide en el artículo citado, á las 18 horas . . 24' . . 29'' : esto es, á las 6 horas . . 24' . . 29'' de la mañana del dia 27 en tiempo civil.

4.° El paso inferior antecedente á las 6 horas . . 26' . . 34'' de la tarde del dia 26.

5.° El paso inferior siguiente á las 30 horas . . 22' . . 25'' : esto es, á las 6 horas . . 22' . . 25'' de la tarde del dia 27.

Suplemento sobre los astros en general.

580. El número de Estrellas fixas que los Astrónomos suelen referir á las seis clases expresadas en el artículo 503 es el siguiente

1.ª	2.ª	3.ª	4.ª	5.ª	6.ª	*Total.*
20	65	205	485	648	1420	2843

Las que solo se distinguen con el auxilio de los Telescopios se llaman en general *telescópicas*, y se clasifican en las magnitudes 7.ª, 8.ª, 9.ª, &c. Su número es inaveriguable.

581. En quanto á los Planetas, conviene advertir que Mercurio solo se puede ver muy inmediato al horizonte durante el crepúsculo vespertino ó poco despues, quando su longitud es mayor que la del Sol. Y quando su longitud es menor solo se puede descubrir desde poco ántes del principio de la Aurora hasta que la luz crepuscular lo ofusca. Pero si su elongacion (*Art. 63 núm.* 3.°) es corta, no se puede distinguir á la simple vista en uno ni en otro caso.

Venus se aleja mas del Sol (*Art. 63 núm.* 3.°) y se distingue de los demas astros por su mucho brillo.

Júpiter (aunque ménos brillante que Venus) se distingue de las Estrellas fixas por su blancura y claridad.

Digitized by Google

Saturno solo se distingue de las Estrellas fixas en que no centellea.

Marte, amas de la propiedad de no centellear (peculiar de los Planetas) se distingue por su color encendido.

Con lo que se acaba de decir y con los horarios (calculados al poco mas ó ménos) no es dificil venir en conocimiento de los Planetas que se tienen á la vista.

582. Para venir en conocimiento de las Estrellas fixas, se puede recurrir al *planisferio*, que contiene sobre el plano del papel la proyeccion de la esfera celeste dividida en dos mitades: y mejor al Globo, que lo representa todo al natural (*Art.* 185).

583. Para colocar el Globo celeste de suerte que represente la disposicion en que vemos á las Estrellas fixas á una hora conocida, se elevará su polo sobre el horizonte de una cantidad igual á la latitud del lugar; y se colocará debaxo del meridiano el punto de la equinoccial que tiene la ascension recta del medio del Cielo (*Art.* 407): esto es, la ascension recta que resulta sumando la del Sol con la hora astronómica.

484. Las consideraciones siguientes pueden servir tambien para venir en conocimiento de las Estrellas fixas.

1.° La Osa mayor (que los antiguos llamaban *los siete triones* y el vulgo suele llamar *el Carro*) consta de siete Estrellas brillantes. A las quatro que forman un quadrilátero casi rectángulo, se suele dar el nombre de *quadrado de la Osa mayor*. Las tres que corresponden á la cola caen hácia uno de sus ángulos.

2.° La Osa menor está inmediata á la mayor, tiene la misma figura, y difiere de ella en su posicion, que es inversa; en su tamaño, que es menor; y en que solo tiene tres Estrellas brillantes: es á saber las dos de la parte anterior del cuerpo y la última de la cola, que es la Polar. Si el lado pequeño del quadrado de la Osa mayor, opuesto á la cola, se prolonga hácia la convexidad de esta, dicha prolongacion pasará muy inmediata á la Estrella Polar.

3.° Con esto se conoce, al poco mas ó ménos, la direccion del meridiano, cuyo plano debe pasar por el zenit y por la inmediacion de dicha Estrella: esto es, por el polo.

4.° Basta distinguir dos Planetas algo distantes para determinar el zodiaco al poco mas ó ménos (*Art.* 357): y si se descubre la Luna se puede hacer uso de lo dicho (*Art.* 282).

5.° La gran faxa blanquinosa que se descubre en el Cielo (llamada por los Astrónomos la *via láctea*, y por el vulgo el *camino de Santiago*) y algunas constelaciones muy notables, como la de Casiopea, la de Orion, la de Escorpio, &c. pueden servir de términos de comparacion para venir en conocimiento de las otras.

6.° Conviene advertir que las constelaciones zodiacales, esto es, los conjuntos de Estrellas que tienen los mismos nombres que los Signos (*Art.* 56) se confundian con los signos correspondientes (ó por mejor decir los designaban) quando se les aplicaron los nombres que conservan. Pero, por causa del retroceso de los puntos equinoccia-

Digitized by Google

les (*Art.* 71) aparecen adelantadas; de suerte que la constelacion de Aries está en el dia en el Signo de Tauro; la de Tauro está en el Signo de Géminis; &c. Las Estrellas mas brillantes de estas constelaciones son, *Aldebarán* en el ojo del Toro; la cabeza de Cástor en Géminis; *Règulo* en el corazon del Leon, y la de su cola que algunos refieren á la segunda magnitud; la *Espiga* en Virgo; y *Antáres* en el corazon del Escorpion. Tambien es muy notable el conjunto de siete Estrellas pequeñas en la espalda del Toro, que los Astrónomos llaman las *Pléyadas* y el vulgo las *Cabrillas*. Las mas de ellas tienen nombres propios.

7.º Muchas de las Estrellas de primera magnitud de las demas constelaciones se distinguen con nombres propios, como la *Cabra* (Capella) en el Cochero (*Auriga*); *Arcturo* en Bootes; *Vega* en la Lira del Cuervo; *Achernar* en el orígen del rio Erídano; *Rigel* en el cinturon de Orion; *Canopo* en la nave Argos, *Fomalhaut* en el Pez austral; *Procion* en el Can menor; y *Sirio* (que es la mas brillante del Cielo) en el Can mayor.

585. Aunque no se tenga mucho conocimiento de las constelaciones, quando se trata de observar una Estrella brillante, basta para no confundirla con las demas el conocimiento de su magnitud, de su altura, horario, azimut, ó distancia á la Luna, conocidas al poco mas ó ménos.

Suplemento sobre las Láminas.

586. En la Lámina I.ª figura 6.ª no está bien representada la órbita del Cometa *C*: porque la distancia del centro del Sol á su vértice no es la menor, como debe ser. La porcion de dicha órbita inmediata al Sol debe representarse como en la Lámina IV.ª fig. 30.ª, en la qual *p* designa el perihello, esto es, el punto mas inmediato al centro de dicho astro, que está en el focus.

587. En el membrete de dicha Lámina I.ª inmediato al ángulo inferior de la derecha se han puesto algunos signos, de que usan frequentemente los Astrónomos, enfrente de sus correspondientes letras iniciales: es á saber, *a*, *nodo ascendente*; *d*, *nodo descendente*; *c*, *conjuncion*; *q*, *quadratura*; *o*, *oposicion*; *b*, *Herschell*.

588. En el membrete colocado en los mismos términos en la Lámina III.ª se han representado las nueve primeras letras del alfabeto griego (que son aquellas con que se designan las Estrellas mas brillantes de cada constelacion) enfrente de las letras latinas correspondientes. Sus nombres son, *a*, *alfa*; *b*, *beta*; *g*, *gama*; *d*, *delta*; *è* grave, *épsilon*; *z*, *zeta*; *é* aguda, *éta*; *t*, *teta*; *i*, *yota*.

589. En dicha Lámina III.ª fig. 19.ª debe colocarse la *u* en la interseccion de la recta *Doe* y la curva punteada *fe*.

Digitized by Google

ERRATAS.

Pág. 12 lín. 1 dice *radios* diga *nodos.*
Pág. 17 art. 71 lín. 21 dice *AL* diga *tA.*
Idem lín. 23 dice *eL* diga *bA.*
Pág. 28 art. 136 lín 3 dice 26 diga 36.
Pág. 36 art. 162 núm. 2.° lín 2 dice *en horizonte* diga *en el horizonte.*
Pág. 42 lín. 6 dice *r* diga *r'.*
Pág. 55 art. 236 núm. 3.° lín. 5 dice *Al* diga *Al'.*
Pág. 56 art. 242 núm. 2.° lín. 1 dice 42 y 44 diga 14 y 25.
Idem lín. penúltima y última dice *quienoccial* diga *equinoccial.*
Pág. 58 lín. 10 dice 236 diga 234.
Pág. 59 lín. 4 dice *en c* diga *en t.*
Pág. 63 art. 273 lín. 4 dice 12 diga 13 y $\frac{1}{2}$.
Pág. 72 lín. 3 dice *retardado* diga *acelerado.*
Pág. 90 art. 417 lín. 7 dice *rd* diga *rD.*
Pág. 99 art. 453 núm. 2.° lín. 2 dice $D : S$ diga $D : s$
Pág. 147 núm. 5.° lín. 5 dice A'' diga A'.

NOTA.

Alguna vez han saltado de la forma las rayitas colocadas á la derecha de los números y letras, y lo mismo ha sucedido con este signo —. Los parages en que hemos notado que falta dicho signo en las Capillas son, pág. 125 lín. 4; pág. 127 núm. 3.° lín. 8; pág. 132 lín. 7.

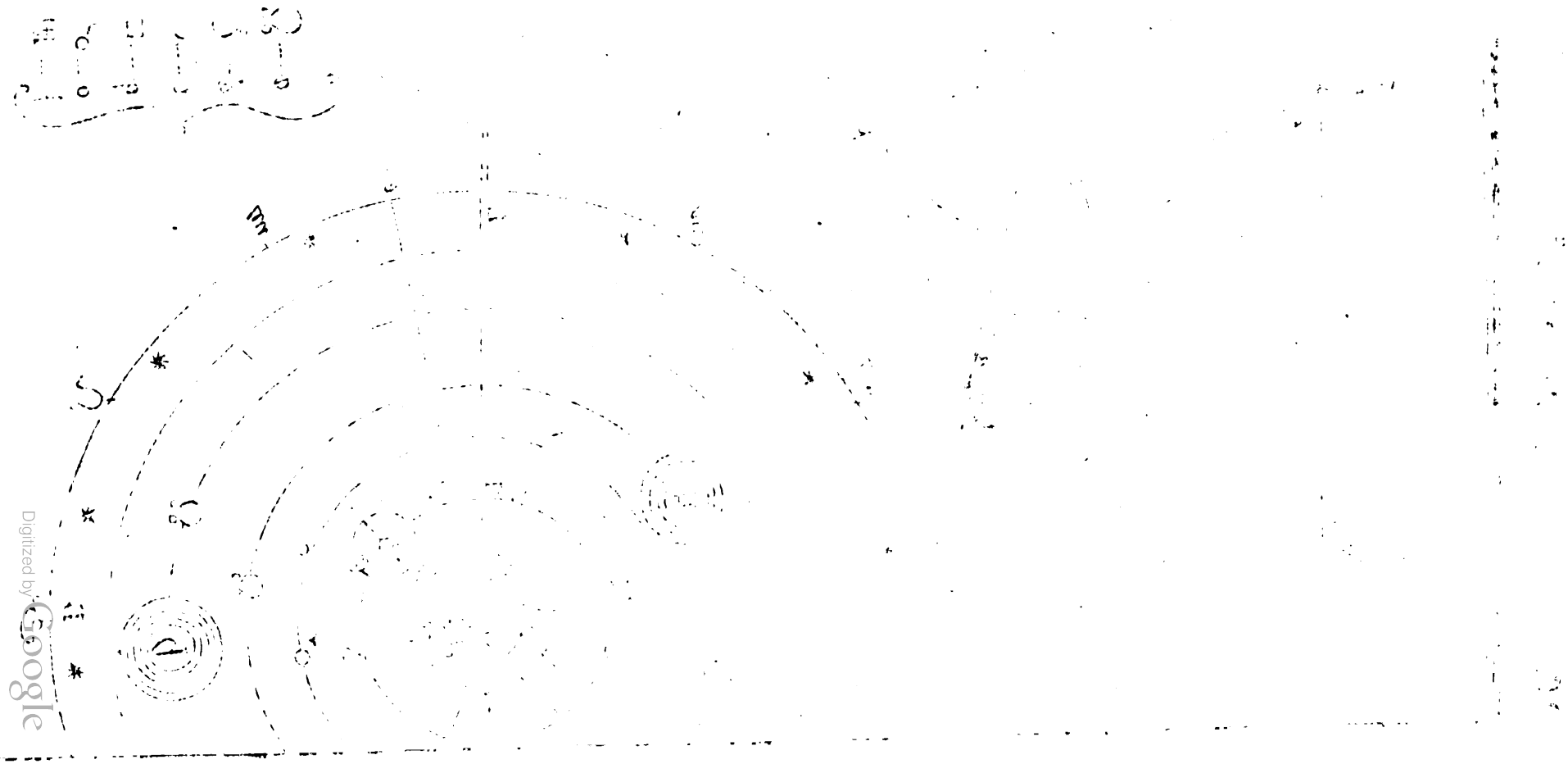
Ha parecido excusado el anotar algunas otras erratas fáciles de corregir, como *el arco* en vez de *al arco* en la pág. 3; *ouerpos* por *cuerpos* en la pág. 4; y dos ó tres puntos que hay en vez de comas.

En la letra menor faltan las cremas, capuchas, y algunos acentos en la bastardilla por carecer de esto la fundicion.

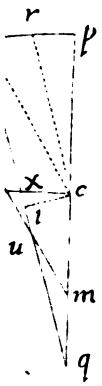
Digitized by Google

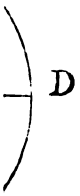
Digitized by Google

Digitized by Google



Digitized by Google

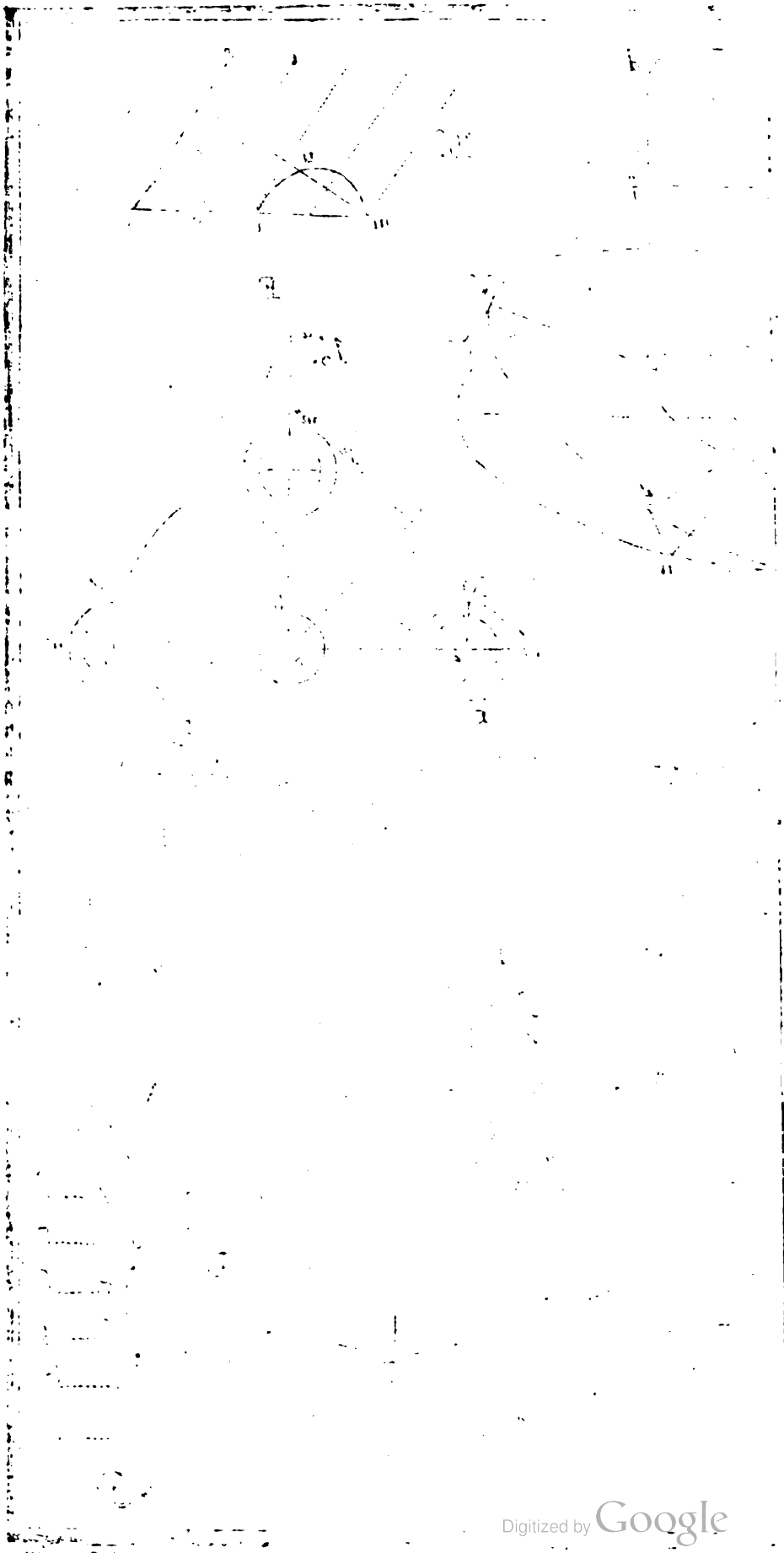




Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google



Digitized by Google

R

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

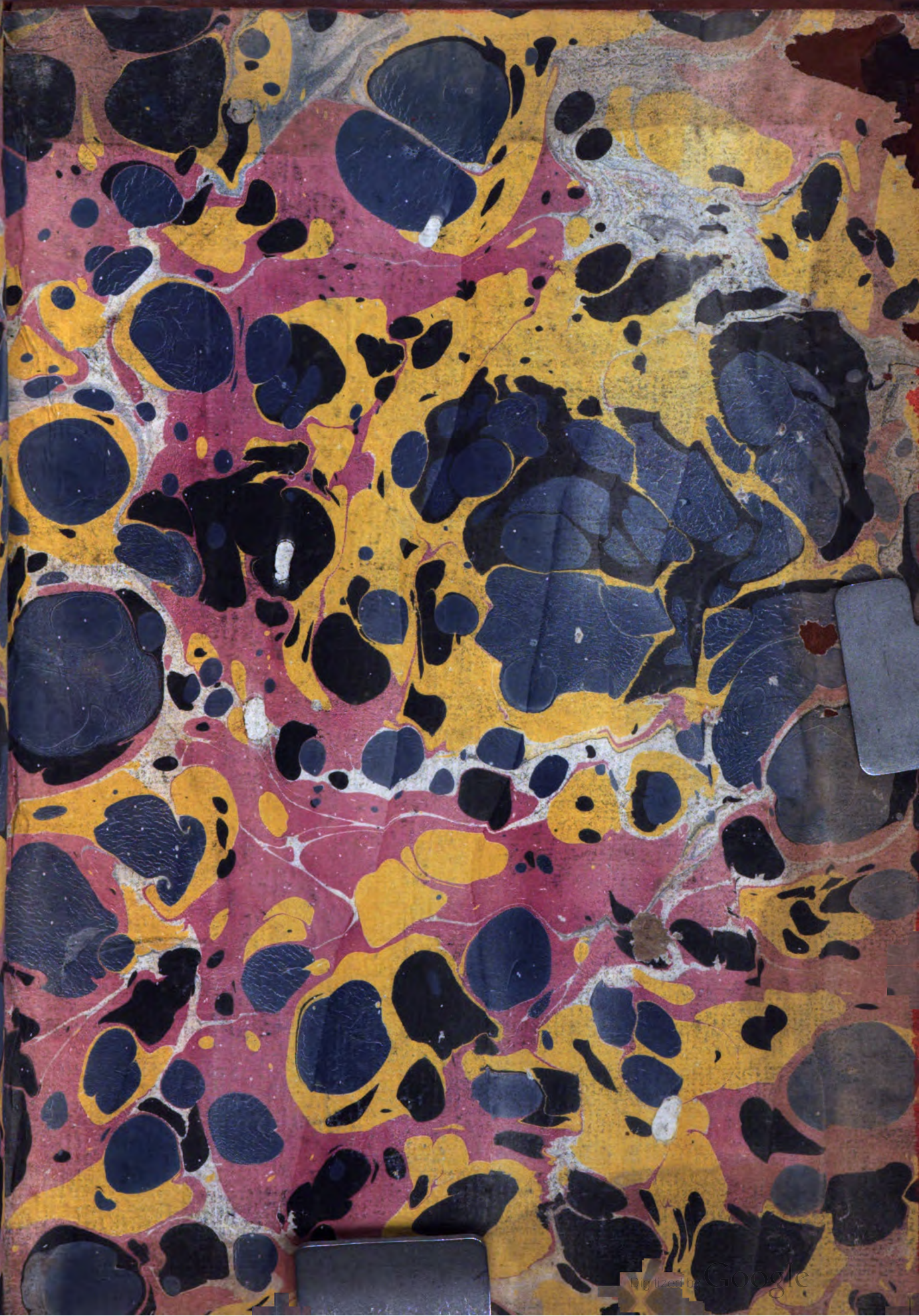
Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google


Digitized by Google

Digitized by Google